

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
БИОЛОГО-ПОЧВЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ВСЕМИРНЫЙ ФОНД ДИКОЙ ПРИРОДЫ РОССИИ
АМУРСКИЙ ФИЛИАЛ



ТРАНСГРАНИЧНОЕ ОЗЕРО ХАНКА: ПРИЧИНЫ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УГРОЗЫ



Владивосток
Дальнаука
2016

УДК 574(282.257.583.1)
ББК 28.080.3(255.3)

Трансграничное озеро Ханка: причины повышения уровня воды и экологические угрозы. – Владивосток: Дальнаука, 2016. – 284 с.

В коллективной монографии представлены материалы исследований специалистов 15 научных и ведомственных организаций по проблемам трансграничного озера Ханка. Обобщены данные геофизических, гидрологических, биологических и других исследований в бассейне озера. Большая часть публикуемых материалов была представлена в виде докладов на I Дальневосточной конференции «Трансграничное озеро Ханка: причины повышения уровня воды и экологические угрозы», состоявшейся 27–29 апреля 2016 г. в Биолого-почвенном институте ДВО РАН.

Книга предназначена для широкого круга научных работников, экологов, специалистов в области охраны окружающей среды, представителей административных и исполнительных органов власти, муниципальных образований, общественности, преподавателей и студентов высших учебных заведений.

Ответственные редакторы:
Ю.Н. Журавлев, С.В. Клышевская

Рецензенты:
Н.М. Костенков, Л.М. Митник

Утверждено к печати Ученым советом
Биолого-почвенного института ДВО РАН

ВВЕДЕНИЕ

Бассейн озера Ханка и само озеро обладают богатым природно-ресурсным потенциалом и имеют большое международное значение как территория, сохраняющая уникальное разнообразие Северо-Восточной Азии, поскольку является ключевым участком Азиатского миграционного пути, а также представляет значительный интерес с позиции экономики северо-востока КНР и Дальнего Востока России.

За последние 10 лет в режиме колебаний уровня оз. Ханка наметилась устойчивая тенденция его повышения, а в 2015 и 2016 гг. максимальный среднемесячный и среднегодовой уровни превысили свой исторический максимум, который наблюдался в 1974 и 1975 гг. более чем на 0,5 м. Это, в сочетании со штормами, привело к подтоплениям целого ряда населенных пунктов, подмыву и разрушению берегов вместе со всеми находящимися на них объектами, а также к затоплению сельхозугодий. Современный (2015, 2016 гг.) уровень оз. Ханка по своей величине относится к экстремально высоким, очень редкой повторяемости.

Опасность такого повышения уровня заключается не только в затоплении социальных объектов, но и ареалов проживания диких животных, пернатых и другой биоты.

По поручению ДВТУ ФАНО и Администрации Приморского края в 2015 г. коллектив ученых ДВО РАН (Биолого-почвенного института, Тихоокеанского института географии, Института прикладной математики, Тихоокеанского океанологического института) занимался проблемой исследования чрезвычайной ситуации, сложившейся летом 2015 г. в бассейне оз. Ханка, и подготовкой научного обоснования и разработкой вариантов решения проблемы, как планового, так и экстренного характера.

В 2015 и 2016 гг. силами сотрудников ряда институтов ДВТУ ФАНО проанализирована сложившаяся в бассейне оз. Ханка ситуация и проведено несколько экспедиций.

По результатам проделанной работы сделаны предварительные выводы.

1. Чрезвычайная ситуация в бассейне оз. Ханка – это комплексное явление, вызванное совокупностью причин, важнейшими из которых предполагаются:

- 1) *обилие осадков на территории бассейна в последние годы;*
- 2) *возможное ограничение стока по единственной р. Сунгача, вытекающей из озера;*
- 3) *ограничение стока по низменным заболоченным берегам вследствие блокирования его дорогами, дамбами и другими гидротехническими сооружениями;*
- 4) *изменение скорости перееотложения взвешенных частиц, спровоцированное сбросом мутных вод с рисовых чеков;*

5) *увеличение поступления воды в озеро за счет новых источников, например р. Мулинхэ на китайской стороне.*

Этот список не является исчерпывающим, так как нет данных по вертикальным движениям берегов и дна озера и его окрестностей, по снижению испарительной способности территорий, где вырублен лес, и некоторых других. Отсутствие этих дан-

ных препятствует созданию математической модели гидрологического режима озера и точному определению вклада разных источников.

2. Среди возможных путей решения возникших проблем резонно выделить три следующих:

1) *ускорение сброса воды из озера в результате дноуглубительных работ в районе истока и по водотоку р. Сунгача;*

2) *возобновление естественного стока по болотистой низменности и соединение имеющихся гидротехнических сооружений в альтернативную (дополнительную к руслу Сунгачи) систему сброса (проект Второй Сунгачи);*

3) *возвращение вод Мулинхэ в ее естественное русло, сложившееся к середине прошлого века.*

Данная коллективная монография – это материалы исследований ученых различных специальностей, посвященных проблемам изучения экологического состояния бассейна оз. Ханка. Большая часть публикуемых материалов была представлена в виде докладов на I Дальневосточной конференции «Трансграничное озеро Ханка: причины повышения уровня воды и экологические угрозы», состоявшейся 27–29 апреля 2016 г. в Биолого-почвенном институте ДВО РАН. Цели и задачи конференции состояли в сборе и обобщении геофизических, гидрологических и других имеющихся данных о территории бассейна трансграничного оз. Ханка, интегрировании усилий ведомств, организаций и общественности для выработки практических рекомендаций решения проблем затопления трансграничного региона. Предметом конференции стал обмен знаниями и полученными результатами исследований для создания базы данных, необходимой при построении математических моделей водного режима оз. Ханка. В ходе работы конференции был высказан ряд выводов и предложений, направленных на снижение негативных последствий от продолжающегося повышения уровня оз. Ханка.



РАЗДЕЛ 1

ОЦЕНКА СИТУАЦИИ И ПРИЧИН ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ ОЗЕРА ХАНКА. ИСТОРИЯ НАБЛЮДЕНИЙ И ИССЛЕДОВАНИЙ РЕГИОНА БАССЕЙНА ОЗЕРА ХАНКА

КРАТКИЙ ОЧЕРК ТРАГЕДИИ ОЗЕРА ХАНКА

Озеро Ханка является крупнейшим на российском Дальнем Востоке пресноводным водоемом, расположенным в центре Приханкайской низменности, на которую приходится большая часть равнинных угодий Приморского края. В этой связи озеро и прилегающие к нему структуры являются важнейшим природно-хозяйственным ресурсом в южной части РДВ. Как все объекты, расположенные в зоне муссонного климата, территория характеризуется сложной гидроклиматической динамикой, которая определяет особенности природных явлений и особенности хозяйствования на ней. Насколько изучены, прогнозируемы и управляемы эти особенности? Считают ли распорядители кредитов это важной задачей и что они готовы финансировать в использовании ресурса приханкайской территории — от этого зависит качество жизни более половины сельского населения Приморья.

Введение

Конференции «Трансграничное озеро Ханка: причины повышения уровня воды и экологические угрозы» предшествовало обращение губернатора Приморского края В.В. Миклушевского в Территориальное управление ДВ ФАНО с предложением разобраться в ситуации, складывающейся в последние годы на озере и в его окрестностях. Особую тревогу властей вызывало разрушение дамб, дорог и жилых домов в поселках, а также затопление сельхозугодий. В ответ на обращение подотчетные ФАНО РФ институты ДВО РАН: Биолого-почвенный институт, Тихоокеанский институт географии и Институт водных и экологических проблем провели ряд обзорных экспедиций, собрали данные по гидрологическому режиму озера, полученные специализированными учреждениями, и провели опросы населения. По результатам этой работы был сделан доклад губернатору Приморского края, опубликована большая обзорная статья Ю.Н. Журавлева и С.В. Клышевской «Проблема регулирования уровня воды в бассейне озера Ханка (Приморский край)» в Вестнике ДВО РАН (2015, № 5), а также представлен пленарный доклад-презентация «Наводнение на Ханке: социальный, федеральный и трансграничный аспекты» на международном форуме «Природа без границ», 2015 г.

В итоге работ 2015 г. стало ясно, что имеющихся данных недостаточно, чтобы обоснованно рекомендовать тот или иной список мероприятий по регулированию водного режима озера. Табл. 1.1 дает некоторое представление об изменчивости процессов освоения и исследований приханкайского пространства. Кроме разрушительных событий периода перестройки выявились и системные недостатки в схеме мониторинга Ханки. Число гидрометеостанций, располагавших многолетними наблюдениями на озере, никогда не было достаточным, поскольку охва-

тивало только южное побережье. Гидрологический баланс западного побережья (китайская сторона бассейна) почти всегда оставался неизвестным для наших расчетов. О том, что происходит на китайской стороне озера, можно было судить по нескольким публикациям первого десятилетия (кстати, очень хорошим, но уже явно устаревшим) и по данным космического мониторинга. Исключительно важные для составления гидрологического баланса регулярные наблюдения за разгрузкой озера по р. Сунгача практически отсутствовали. Многолетние наблюдения за колебаниями уровня воды в озере велись без больших перерывов только в Астраханке. Геофизические наблюдения практически отсутствуют, наблюдения за движениями поверхности суши (данные топографической съемки) в окружении озера фрагментарны, и их трудно сопоставлять. При этом многие имеющиеся данные остались неопубликованными, и часть их утрачена в результате потрясений в 1980–1990-е гг.

В связи с этим на форуме «Природа без границ» было принято решение в самом начале 2016 г. провести научно-практическую конференцию с международным участием по вопросам гидрологического режима оз. Ханка. Выполняя это решение, БПИ обратился в РФФИ и WWF за финансовой поддержкой конференции. РФФИ отказало в поддержке, тогда как WWF оказало всестороннюю помощь, и конференция состоялась.

Было также обращение в Русское географическое общество с просьбой выделить в 2016 г. специальный экспедиционный грант на исследования оз. Ханка для комплекса институтов и учреждений, на которое не было получено ответа.

Попытка обратиться в ФАНО РФ с предложением о формировании отдельного госзадания и добавочного финансирования на исследование оз. Ханка институтами, подведомственными ФАНО РФ, в 2016 г. не нашла поддержки. Провести необходимые исследования за счет перераспределения уже запланированных

Таблица 1.1. Историческая справка о событиях в бассейне озера Ханка

1867–1978 гг.	(1978–1991 гг.) + (1993–2000) гг.	2011–2016 гг.
Исследования, установка маяков, метеостанций и гидропостов, гидростроительство, создание мелиоративных каналов и рисовых систем. Все это время уровень воды в озере квазипериодически колебался, демонстрируя 15–25-летние циклы	Стагнация, сокращение исследований, разруха, свертывание производств, закрытие постов и станций, безоглядная приватизация территорий и сооружений в бассейне озера, расчленение систем между отдельными собственниками, закрытие рыбоводных заводов, потеря контроля за сбросами загрязнений от промышленных объектов и сельхозугодий. Важной вехой в эти годы явилось создание заповедника «Ханкайский». Квазипериодические циклы колебаний уровня воды в Ханке повторялись. Достоверность удлинения периода колебаний не установлена	Слабое оживление в производстве и исследованиях. Неуклонный рост уровня воды в озере. Обзорные экспедиции и обсуждение сложившейся ситуации в администрации Приморского края и на Форуме «Природа без границ». Обращение губернатора в Правительство РФ. Открытый конкурс: Научные исследования по изучению гидрологических особенностей водного режима оз. Ханка

средств не представлялось возможным, так как планируемые субсидии на 2016 г. трижды менялись в сторону понижения и оказались ниже первого, тоже очень урезанного плана, на 12%.

Таблица 1.1 не дает полного представления о причинах, осложнивших ситуацию в бассейне.

Среди таких причин мы выделяем важнейшие:

- 1) разрушение коллективной и государственной собственности как объекта планового хозяйствования;
- 2) осуществление жесткой вертикали управления и финансирования, что не годится для мониторинга сложных природных явлений;
- 3) межведомственная разобщенность и межгосударственная разобщенность;
- 4) соединение планирования, исполнения и контроля развития территорий в одних руках, в нашем случае – концентрация всего процесса в Министерстве природных ресурсов и экологии Российской Федерации.

Как следствие этих (и некоторых других) причин на озере нет службы спасения, а прогноз погоды не дает важнейших для навигации данных о высоте волны, направлении ветра в отдельных зонах озера, уровня нагонной волны и тому подобное. Гидрологические исследования на еще не закрытых станциях и пунктах сильно сокращены. Геофизические и геодезические наблюдения не ведутся и даже не планируются. Сельскохозяйственная деятельность до сих пор не оправилась от кризисных явлений 1990-х. Многие освоенные в прошлом веке земли сейчас пустуют. На других широко практикуется аренда и субаренда с привлечением иностранных рабочих и иностранной техники. Неконтролируемые арендаторы используют разрушительные технологии вроде мокрой планировки, вносят запрещенные пестициды и ядохимикаты. Природные степные угодья, если не затоплены, то горят ежегодно, уничтожая запасы органического вещества в почве, и производят необратимые изменения в биоценозах.

Вместе с тем усилия институтов ТУ ФАНО и Президиума ДВО РАН при поддержке администрации Приморья не пропали даром. К проблеме затопления на оз. Ханка было привлечено внимание Правительства РФ, о чем свидетельствуют обращения в БПИ РАН от Минприроды и Министерства иностранных дел, имевшие место осенью 2015 г.

В ответ на эти обращения нами были даны справки о событиях и угрозах, вызванных подтоплением прибрежной части бассейна озера. Судьба этих справок нам неизвестна, но в начале 2016 г. Федеральным агентством водных ресурсов РФ был объявлен открытый конкурс на право заключения гражданско-правового договора на выполнение научно-исследовательских работ по реализации федеральной целевой программы «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах» по теме «Научные исследования по изучению гидрологических особенностей водного режима озера Ханка в целях определения причин аномального повышения уровня воды и выработки научно-обоснованных предложений по регулированию уровня воды в озере, формированию комплекса мер по снижению негативного воздействия вод озера на территории Приморского края».

Объявленные сроки (выполнить работу до 29 июля 2016 г.) и условия (размер обеспечения исполнения Договора: 30% начальной (максимальной) цены Договора, т.е. *десять миллионов шестьсот девяносто восемь тысяч рублей 00 коп.*) конкурса были таковы, что ни один институт РАН не мог принять участие в этом конкурсе. Грант на исследования (35 млн руб. по начальной стоимости) получил ФГБУ «Государственный гидрологический институт», подведомственный Минприроды и расположенный в Санкт-Петербурге.

Всячески приветствуя внимание Правительства РФ к проблемам оз. Ханка, нельзя не заметить: у нас нет уверенности, что по истечении сроков, запланированных техническим заданием гранта, проблема затоплений сильно приблизится к ее решению. Уже по докладам 2015 г. и по набору тем докладов в данной конференции вполне ясно, что проблема озера является комплексной, многоплановой и многосторонней. В этих условиях велик риск, что финансирование по гранту будет использовано неэффективно, т.е. не решит главных вопросов регулирования водного режима бассейна. Это беспокойство тем более обосновано, что в техническом задании высок удельный вес вопросов второстепенной важности, таких как «Цифровая модель рельефа дна оз. Ханка в ГИС-совместимом формате, согласованном с Заказчиком, с сечением рельефа 20–30 см» или «Вероятностный прогноз уровня озера на перспективу 2–3-го десятилетия». Первый вопрос малоинформативен в контексте регулирования, а второй в принципе не имеет смысла ставить. Вместе с тем проблемы решения недостаки данных с помощью новейших средств наблюдения в задании отсутствуют. Легко предвидеть, что к окончанию грантового срока 29 августа 2016 г. существенной информации о китайской части бассейна получено не будет.

Предвидя все эти сложности, мы от имени форума «Природа без границ» обращались в Правительство РФ с просьбой признать проблему оз. Ханка проблемой ФЕДЕРАЛЬНОГО УРОВНЯ и включать ее во все программы развития российского ДВ, поручить ДВТУ ФАНО РФ научное курирование этой части программ с помощью специально созданного штаба по Проблемам Ханки. Проблема Ханки была включена в ФЦП «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации в 2012–2020 годах», но научное курирование не было передано в функции ФАНО, отчего потенциал институтов РАН не был использован в составлении госзадания. Вполне возможно, что он не будет использован и в экспертизе результатов выполнения госзадания.

Мы по-прежнему считаем, что перспективы моделирования, прогноза и мониторинга водного режима в бассейне оз. Ханка ограничены недостатком данных. Минимальный перечень необходимых сведений включает 7 пунктов:

1. Многолетние данные о режиме осадков и о гидрологическом режиме (уровенный и ледовый режимы, мутность воды) оз. Ханка за весь период наблюдений.
2. Многолетние данные о режиме осадков и о гидрологическом режиме (уровенный режим, данные о стоке воды, ледовый режим, режим стока наносов) основных впадающих в озеро рек за весь период наблюдений.
3. Многолетние данные о гидрологическом режиме (уровенный режим, данные о стоке воды, ледовый режим, режим стока наносов) р. Сунгача за весь период наблюдений.

4. Данные о хозяйственном освоении территории бассейна оз. Ханка (заlesenность/вырубленность, распаханность, объемы мелиоративных мероприятий, изъятие воды на сельскохозяйственные цели за отдельные годы за период 30–40 лет).

5. Батиметрические карты (рельеф дна) озера за различные периоды времени.

6. Данные о ветровом режиме метеостанций на побережье оз. Ханка (для расчета энергии волн и размыва берегов, оценки вдольберегового стока наносов).

7. Данные о вертикальных движениях суши по всему бассейну оз. Ханка.

Обосновывая пункт 7 этого перечня, мы хотели бы процитировать то, как эту проблему понимали еще полтора века назад: «Говоря о повышении уровня озера, мы желаем этим только выразить факт перемещения этого уровня по отношению к суше, но мы отнюдь не указываем, которая из двух стихий — вода или суша — подлежит этому перемещению; притом мы не желали бы распространять этот факт на сколько-нибудь значительную площадь; мы желали бы даже ограничить период времени, к которому применимо наше положение» (Физико-географические исследования на Байкале В. Дыбовского и В. Годлевского в 1869–1876 годах. Часть 2). Можно только сожалеть, что за прошедший полутораветковой период наши знания о перемещениях ханкайской суши не обнаружили заметного прироста. Целенаправленных исследований не проводилось, а последняя нивелировка вдоль железной дороги выполнена в 1987 г. Единственная GPS станция (ИПМ ДВО РАН) для измерения вертикальных движений суши в районе Спасска действовала с 2007 по 2011 г., и то только периодически. На территории Приханкайской низменности нет ни одной сейсмостанции, способной фиксировать локальные землетрясения.

В резолюцию форума «Природа без границ» вошло предложение обратиться в администрацию Приморского края и правительство провинции Хэйлунцзян с предложением создать трансграничную (международную) Комиссию по гидрологическому мониторингу оз. Ханка и других общих бассейнов. В задачи комиссии вошел бы сбор информации по гидрологическому режиму западной части бассейна озера, включая основные составляющие водного обмена оз. Малая Ханка, Западной низменности и р. Мулинхэ.

С целью определения доли стока р. Мулинхэ, сбрасываемого в оз. Малая Ханка, требуется запросить у КНР следующие сведения:

- общий объем стока р. Мулинхэ, сбрасываемого в оз. Малая Ханка (за период 1990–2016 гг.);
- режим работы водоразделителя на данной реке по месяцам (за период 1990–2016 гг.);
- изменения площади и объема оз. Малая Ханка в зависимости от уровня;
- средние годовые уровни воды в оз. Малая Ханка (за период 1990–2016 гг.);
- месячные или сезонные суммы осадков в бассейне Малой Ханки за тот же период.

Это предложение встречается со следующими трудностями. Во-первых, существует Совместная Российско-Китайская рабочая группа по борьбе с наводнениями. 15 декабря 2015 г. на заседании этой группы обсудили проблему повышения уровня воды в оз. Ханка, и начальник департамента природных ресурсов Приморского края А.И. Коршенко обратился к делегации из Китайской Народной Республики

провинции Хэйлунцзян с просьбой: «...Предоставить информацию по вашей стороне бассейна оз. Ханка за 2005–2015 годы. Для нас важны все данные: о выпавших за этот период осадках, об объемах стока основных водотоков, включая сток реки Мулинхэ, об уровнях воды в озере в разные годы, а также о существующих крупных водохозяйственных объектах». Китайская сторона не отказалась от предложения, но запрошенные данные пока не получены. Во-вторых, существует Российско-Китайская смешанная комиссия по вопросу реализации Соглашения между Правительством Российской Федерации и Правительством Китайской Народной Республики о заповеднике «Озеро Ханка». Поскольку территория заповедников обеих стран страдает от наводнения, естественно было бы внести в рабочий план комиссии исследование угроз экологическому состоянию озера. Однако китайская сторона считает, что исследование угроз не входит в перечень вопросов Соглашения. Они, возможно, будут включены во время следующего заседания комиссии, которое состоится в 2018 г. в Китае. Этот опыт не вселяет особого оптимизма по поводу скорого успеха в сотрудничестве по официальным каналам.

11 апреля 2016 г. сотрудники БПИ ДВО РАН были с неофициальным визитом в Национальном институте гидрологии и сельскохозяйственной экологии Китайской академии наук в Чаньчуне. У этого института есть исследовательская база в районе Малой Ханки. Они, конечно, владеют ситуацией, и какая-то информация от них будет получена после согласования с руководством КАН. «К нам пока никто не обращался...», — сказал заместитель директора NIGA CAS проф. Сянгуо Лу (Xianguo Lu). Они согласились представить материалы по гидрологическому режиму западного побережья на конференции во Владивостоке осенью 2016 г.

Для планирования мероприятий, направленных на регулирование водотоков в бассейне озера, важно правильно оценить значение результатов мелиоративных и гидростроительных работ, проведенных в ходе колонизации бассейна. Основные объекты гидростроительства на российской стороне — береговые валы, дамбы и дороги создавались с разными целями, часто не предусматривая проблем регуляции гидрологического режима. В результате чрезвычайного повышения уровня воды в озере эти гидросооружения не могут защитить поселения и зоны хозяйственной деятельности от штормовой нагонной волны. Кроме того, ортогональные к линии берега, дороги препятствуют естественному стоку вод на север к Лесозаводску. Каналы, соединенные с озером или с р. Сунгача, быстро возвращают штормовые забросы в Ханку или в Сунгачу. Природная система сброса воды через восточную низменность не работает в нужном для сброса воды из Ханки направлении. Не работает, по-видимому, и система каналов западной низменности, а с учетом поступления в хозяйственную сеть воды из р. Мулинхэ эта система работает только на пополнение Ханки. Только совместными усилиями специалистов из разных областей знания и разной ведомственной принадлежности (сопредельных стран) можно выработать обоснованный список мер для регулирования водного режима в бассейне Ханки и осуществить эти меры.

Отдельно хотелось бы высветить вторую группу проблем оз. Ханка. Тематика конференции «Трансграничное озеро Ханка: причины повышения уровня воды и экологические угрозы» в значительной мере определена критически высоким

уровнем воды в Ханке. Но регулировать водный режим — не значит только сбрасывать воду. Периоды большой водности в бассейне Ханки (по крайней мере, пока) сменяются периодами засух. В последнем случае наблюдается недостаток воды. Чтобы избежать провалов в сельскохозяйственном и других связанных с обильным водоснабжением производствах, системы гидрорегулирования должны обладать достаточным запасом воды вне озера. В настоящее время на территории восточной низменности нет водохранилищ с заметными запасами воды для нужд прибрежного земледелия. Такие крупные водохранилища, как Кронштадское и Вишнёвское, не рассчитаны на использование в сельхозпроизводстве. Поэтому проблему сброса ханкайской воды следует решать совместно с проблемой создания значительных запасов воды в доступных для сельскохозяйственного использования зонах.

Печальный опыт минувших десятилетий подсказывает, что внимание вопросам «малой воды» начнут уделять только тогда, когда они предстанут уже во всей своей неотвратимости, т.е. когда будет поздно.

Благодарности

В сборе и обработке материалов доклада участвовали сотрудники БПИ ДВО РАН: Т.С. Вшивкова, И.В. Маслова, С.В. Клышевская, О.В. Полохин, Е.В. Сундукова, В.Ф. Любарец, К.А. Дроздов, Г.В. Гринько, а также сотрудники ТИГ и ИВЭП ДВО РАН: А.Н. Качур, А.Н. Махинов, Б.И. Гарцман, А.Н. Бугаец, В.В. Жариков.

ПРОБЛЕМЫ ОЗЕРА ХАНКА И ЕГО БАССЕЙНА НА РУБЕЖЕ СТОЛЕТИЙ

Озеро Ханка — пограничное озеро между Китаем и Россией (рис. 1.1). Оно является не только самым большим пресноводным водоемом на территории Дальнего Востока России, но и самым большим пресноводным озером на востоке Азии. Озеро Ханка и его бассейн соединяет отдаленные районы двух великих держав: России и Китая. Бассейн оз. Ханка привлекает мировое внимание прежде всего по причине уникального биологического разнообразия.

Проблемы оз. Ханка и его бассейна имеют не только национальное, но и международное значение. Значительная часть из них рассматривались в ряде международных проектов, таких как «Программа устойчивого землепользования и рационального распределения земель в бассейне реки Уссури и сопредельных территориях (Северо-Восточный Китай и Российский Дальний Восток)» 1996 г. [23], «Диагностический анализ бассейна оз. Ханка (КНР и РФ)» 2001 г. [24] и др. Эти исследования показали, что проблемы бассейна оз. Ханка имеют двойственный генезис: природный и антропогенный — как на российской, так и на китайской стороне. В этом материале мы постараемся представить основные результаты как вышеназванных, так и некоторых других более поздних проектов [9, 10, 25–27], выполнявшихся в рамках работ UNEP в Северо-Восточной Азии.

Озеро Ханка расположено в центральной части Приханкайской долины. С юга и востока к нему примыкает заболоченная низменность, возвышающаяся



Рис. 1.1. Озеро Ханка на космическом снимке
(Lake Khanka Landsat 7 2001-09-25)

над уровнем воды в озере на 1,5–2 м. С востока Ханкайская низменность ограничивается западными предгорьями Сихотэ-Алиня, а с запада — возвышенностями и отдельными хребтами Восточно-Маньчжурской горной страны. На юге она отделена от Верхне-Суйфунской равнины невысоким Вознесенским поднятием [7].

Озеро Ханка со стороны России имеет 16 притоков: 7 крупных рек — Тур (старое название Турга), Комиссаровка (Синтуха), Ново-Троицкая (Маньчжурка), Мельгуновка (Мо), Рисовая (Хантахеза), Илистая (Лефу), Спасовка (Сантахеза) и 9 небольших речек. Из оз. Ханка вытекает лишь одна р. Сунгач (Сунгача), которая и соединяет озеро с р. Уссури, южным притоком Амура.

Со стороны КНР в озеро впадают реки (8): Байлинь (R. Bailin), Хонгунха (C. Hongyanha), Байпоззи (C. Baipozi), Цзиньиньку (R. Jinyinku), Чензи (R. Chenzi), Канзи (R. Kanzi), Даксихэ (C. Daxihe), Донгдихэ (C. Dongdihe). Через канал Донгдихэ (C. Dongdihe) в озеро впадает поток из р. Мулинхэ, и это самый большой приток с китайской стороны: $65\,695\ (10^4\ \text{м}^3)$ при общем поступлении от всех впадающих рек — $66\,534\ (10^4\ \text{м}^3)$ [24]. Река Мулинхэ в силу своей протяженности проходит через такие города, как Мулинг, Цзиси, Цзидонг, Мишань и Хулинг.

Порядка 91% площади водосборного бассейна озера находится на российской стороне. Большую сложность в выделении границ бассейна имеет тот факт, что с китайской стороны с середины 30-х годов XX в. функционируют водорегуляторы

для переброса вод из оз. Малая Ханка в р. Мулинхэ и обратно в целях орошения, регулирования уровня воды в озере и т.д. Это тесно связывает бассейн оз. Ханка с бассейном р. Мулинхэ. Отсюда вытекают определенные сложности в научном плане и ряд экологических проблем.

Основные морфометрические характеристики оз. Ханка и его бассейна приведены в табл. 1.2.

В начале плейстоцена на месте озера существовала развитая речная сеть, связанная с бассейном палео-Амура. Озерный водоем возник в среднем плейстоцене, причем его размеры в дальнейшем сильно изменялись [7, 15]. В течение плейстоцена озеро испытало периодическое уменьшение размеров (теплые эпохи) и трансгрессии (холодные эпохи). Максимальных размеров (длина до 130 км, ширина до 70 км) озеро достигло в позднем плейстоцене.

Климат Приханкайской провинции подчиняется законам муссонной циркуляции воздуха в рамках региональных физико-географических особенностей. Средняя температура января от -11° до -25° , июля $19-21^{\circ}$. Сумма температур больше 10° составляет 2000–2600°. Годовое количество осадков 600–700 мм. Коэффициент увлажнения 1–1,33 и более [17]. Продолжительность вегетационного периода около 210 дней. Направление и повторяемость ветра изменяется в зависимости от сезона года, южное направление является преобладающим. Над акваторией оз. Ханка характер ветрового поля неоднороден. Преимущественно весной и осенью наблюдается конвергенция воздушных потоков и усиление скорости ветра над акваторией озера. Для бассейна характерны суховеи обычно западного и северо-западного направления, проникающие с территории Китая. Величина испарения колеблется в пределах 570–690 мм/год [5].

Влияние оз. Ханка на температурный режим приозерья значительно проявляется осенью и весной при образовании и таянии ледового покрова соответственно. Средняя температура воздуха во время становления льда на озере по всем станциям Приханкайской равнины составляет $4,8-5,3^{\circ}\text{C}$ ниже нуля. При весеннем вскрытии водоема наблюдается обратная зависимость: на удаленных от озера метеостанциях температура воздуха на $4,4-4,8^{\circ}\text{C}$ выше нуля, т.е. воздух холоднее на $1-1,5^{\circ}\text{C}$ [4, 5].

Гидрологический режим оз. Ханка складывается из осадков на поверхность озера, поверхностного притока, испарения за вычетом конденсации, поверхностного стока через русло р. Сунгач. Данные по поверхностному притоку в озеро приведены в табл. 1.3.

Озеро Ханка относится к испарительно-нейтральным водоемам. Полный обмен воды в озере происходит примерно через 10 лет. При этом отмечаются многолетние современные колебания уровня озера, амплитуда которых достигает 1,5 м.

В результате интенсивных ливневых дождей в июле–августе возникают различные негативные процессы, в первую очередь плоскостной смыв. Интенсивная инсоляция в зимний период при незначительном снежном покрове, сильные северо-западные сухие ветры весной способствуют иссушению верхних горизонтов почвы. В этом отношении климат Приханкайской равнины можно сравнить с климатом степной и лесостепной зон.

Таблица 1.2. Основные морфометрические характеристики оз. Ханка и его бассейна

Площадь зеркала при высшем уровне без ветровой денивеляции (390 см) над нулем графика	5010 км ²
То же при среднем многолетнем уровне (290 см)	4070 км ²
То же при низшем уровне (150 см)	3940 км ²
Объем воды при высшем уровне	22,6 км ³
То же при среднем многолетнем уровне	18,3 км ³
То же при минимальном уровне	12,7 км ³
Площадь зеркала, ограниченная изобатами при среднем многолетнем уровне:	
0–1 м	62 км ² (1,5%)
0–2 м	236 км ² (5,8%)
0–3 м	482 км ² (11,8%)
3–5 м	1955 км ² (45,6%)
5–6,5 м	1733 км ² (42,6%)
Длина продольной (большой) оси при среднем многолетнем уровне	90 км
Наибольшая длина озера по преобладающему направлению ветра в безледоставный период (ЮЮЗ)	87 км
Средняя ширина озера	45 км
Наибольшая ширина (по перпендикуляру к продольной оси)	67 км
Средняя глубина при высшем уровне без ветровой денивеляции	4,51 м
То же при среднем многолетнем уровне	4,50 м
То же при низшем уровне	3,22 м
Наибольшая глубина при среднем многолетнем уровне	6,50 м*
Отношение длины озера к средней ширине	2,00
Отношение площади зеркала (при среднем уровне) к средней глубине	904
Длина береговой линии при среднем многолетнем уровне	308 км
Коэффициент развития береговой линии	1,36
Площадь бассейна (без зеркала озера)	16890 км ²
То же без бассейна озера Малая Ханка	15820 км ²
Отношение площади водоема к площади бассейна (без оз. Малая Ханка)	25,7%
Отношение объема озера (при среднем многолетнем уровне) к годовому притоку воды	9,4
Отношение объема озера (при среднем многолетнем уровне) к годовому стоку воды	9,9

* Максимальная глубина по данным 1998 г. – 11,6 м.

П р и м е ч а н и е. Сведения о размерах котловины оз. Ханка получены из съемок акватории озера в пределах России в 1939 и 1969 гг.

Главными расходными статьями являются: 56% — испарение с поверхности (584 мм, или 2,37 км³), 44% — сток р. Сунгача (453 мм, или 1,84 км³). По классификации Б.Б. Богословского, озеро относится к испарительно-дождевому типу водоёмов. Полный обмен вод происходит в течение 10 лет, т.е. озеро относится к слабопроточным водоёмам.

Таблица 1.3. Годовой сток в озеро Ханка [4, 24]

Река	Площадь водосбора, км ²	Средний многолетний сток	Объем стока за год, м ³
Спасовка	1260	6,73	212 x 10 ⁶
Илистая	5470	24,9	784 x 10 ⁶
Мельгуновка	3510	10,2	321 x 10 ⁶
Комиссаровка	2310	10,8	340 x 10 ⁶
Большие Усачи	304	0,86	27,1 x 10 ⁶
Малые реки	15370	54,5	1715,6 x 10 ⁶
Прибрежные междуречья	1666	—	—
Реки китайской части бассейна	444	—	696,9 x 10 ⁶

Доля водозабора на сельскохозяйственные и прочие нужды в бассейне на конец 1990-х годов составляла для России около 200×10^6 м³, а для китайской стороны около 560×10^6 м³ [24]. Использованные воды возвращаются в Малую и Большую Ханку, объемы безвозвратного водозабора неизвестны.

На длинные периоды колебаний уровня накладываются изменения уровня с более коротким периодом. За счет многолетних колебаний климатических параметров (серий сухих и влажных лет) происходят существенные отклонения объема воды в озере и, как следствие, его уровня от среднемноголетней нормы. Для оз. Ханка выявлены многолетние колебания уровней воды, характеризующиеся примерно 30-летней периодичностью, но имеющие тенденцию к уменьшению временного интервала. Размах колебаний по среднемноголетним значениям достигает 2 м, а по экстремальным — 3 м и более. Максимальные уровни отмечались в середине 1940-х гг., середине 1970-х гг., середине 1990-х гг. и в настоящее время (2013–2016 гг.).

На оз. Ханка сильны сгонно-нагонные явления. Максимальный подъем при этом может составить 0,8 м. Отмечается нагон воды и выход ее на поверхность низкой озерной террасы, что приводит к кратковременному понижению уровня воды в озере.

Сгонно-нагонные явления, определяемые режимом ветров, приводят к возникновению стоковых течений. Кроме этого режим ветров является причиной возникновения потоков наносов и абразии берегов.

Наиболее сильное волнение наблюдается на западном побережье при северных и юго-западных ветрах, на восточном побережье — при северных и южных ветрах. Максимальных значений высота волн достигает на западном побережье — до 2,5 м.

Подземные воды Ханкайской депрессии формируются в горных хребтах, окружающих ее с запада и востока, откуда поверхностные и подземные потоки поступают в центральную часть депрессии. На юге она отделена от Верхне-Суйфунской равнины невысоким Вознесенским поднятием [6]. Величины подземного притока в озеро и подземного стока из озера мало изучены.

Большая часть Приханкайской низменности пространственно совпадает с Приханкайским артезианским бассейном [9, 10]. Приханкайский артезианский бассейн занимает территорию вокруг оз. Ханка и представляет собой сложный артезианский бассейн, состоящий из отдельных малых артезианских бассейнов

и массивов 3-го порядка. Глубина залегания зеркала грунтовых вод 0–30 м. Активным водообменом охвачена верхняя часть разреза мощностью не более 30–50 м. Ниже скорость движения подземных вод затухает. Разгрузка подземных вод осуществляется через оз. Ханка: фильтрацией через дно и прибрежные части озера, через р. Сунгач и путем испарения.

Основными видами почв здесь являются бурые лесные, луговые глеевые, лугово-бурые, буро-подзолистые, лугово-болотные, пойменные и др. Ведущим фактором пространственной дифференциации почвенного покрова является рельеф. В приводораздельных частях хребтов, обрамляющих равнину, и на вершинах распространены в основном горно-лесные почвы, сменяющиеся ниже буро-подзолистыми почвами горных склонов [11].

Наиболее существенные для влагооборота особенности почвенного покрова следующие: тяжелый механический состав почвогрунтов и близкое расположение водоупоров на значительной части бассейна; самая большая для данной широты глубина и продолжительность сезонного промерзания; частое переувлажнение и образование верховодки, особый режим инфильтрации, склонность к заболачиванию на равнинных территориях.

Растительность бассейна оз. Ханка разнообразна по своему составу. Для побережья озера характерны заросли тростника, цицании, рогоза. В старицах рек богато представлена разнообразная водная растительность. В числе ее видов много теплолюбивых и древних форм вроде лотоса, эвриалы устрашающей, водяного ореха – чилима [13, 14].

Для лесостепной растительности Приханкайской равнины характерно сочетание лесного, лугового, болотного типов. Собственно широколиственные леса занимают сравнительно небольшую площадь и произрастают на равнинах, в речных долинах, в предгорьях.

Во флористическом отношении Приханкайская равнина имеет наиболее тесные связи с Маньчжурией (705 общих видов) [12], восточной Монголией и северо-западным Китаем (429 видов), Северной Кореей (550 общих видов), Забайкальем (444 общих вида), Японией (главным образом о. Хонсю) – 385 общих видов, с Приохотьем и о. Сахалин (264 вида), в меньшей степени с Европой (191 вид) и Северной Америкой (90 видов) [16].

На китайской стороне озера на начало 2000-х годов зарегистрировано 1460 видов растений и 282 вида диких животных. С российской стороны на этот период выявлено 620 видов только сосудистых растений, зарегистрирован 61 вид млекопитающих, 342 вида птиц, 185 из них отмечены достоверно гнездящимися, 7 – предположительно гнездуются, 93 вида отмечены в зимний период, 28 являются залетными, а остальные бывают в период сезонных миграций (на территории Ханкайского заповедника зарегистрировано 333 вида птиц) [1, 2, 3, 20]. Из них 44 вида включены в Красные книги МСОП и России, 58 видов птиц имеют статус редких, 44 вида занесены в Красную Книгу России и 12 в Красную Книгу МСОП, что является самым высоким показателем не только для России, но и для зарубежных районов рассматриваемой физико-географической зоны. Зарегистрировано распространение 8 видов амфибий, 10 видов рептилий (табл. 1.4) [18].

Таблица 1.4. Таксономическое разнообразие животных оз. Ханка и его бассейна (виды)

Таксономическая группа	Бассейн озера	Российский ДВ	Россия
Млекопитающие	61	104	320
Птицы	342	526	732
Амфибии	8	10	27
Рептилии	10	22	75
Чешуекрылые	—	—	12000
Рыбы	89	—	269
Моллюски	67	700	2000
Сосудистые растения	620	4500	11400

Сопоставление вышеназванных цифр показывает значительные различия не столько в природе, сколько в подходах специалистов стран, что требует согласования списков видов.

Следует отметить, что с китайской стороны выделяется всего 63 вида рыб [28], что свидетельствует о разном методическом и методологическом подходах в выделении и классификации видов. Небольшая глубина озера, особенности его гидрологического режима в значительной мере определяют ха-

актер его ихтиофауны (табл. 1.5). Фауна пресноводных рыб в бассейне оз. Ханка, по мнению российских авторов, включает 74 вида 58 родов 18 семейств 8 отрядов (72% от общего числа видов бассейна Амура и около 25% всех пресноводных рыб фауны России) [1, 18].

Таблица 1.5. Состав пресноводной ихтиофауны оз. Ханка, %

Северные формы	Эндемики Амура	Маньчжурские эндемики	Южные формы
20	17	21	42

По разнообразию ихтиофауны бассейн оз. Ханка не имеет аналогов во всей Палеарктике [18].

Высокопродуктивные экосистемы бассейна служат средоточием видового и популяционно-генетического разнообразия, насыщены ценными видами растений и животных, имеют выдающееся ландшафтообразующее, климатическое, хозяйственное, рекреационное и эстетическое значение.

В то же время в бассейне оз. Ханка находится одна из крупнейших на Дальнем Востоке РФ сельскохозяйственных зон. Здесь сосредоточено около половины (47%) пашни и более 60% орошаемых земель Приморья. Производится добыча плавикового шпата и редкоземельных элементов, добыча угля. Имеются крупные населенные пункты: г. Спасск-Дальний, пос. Астраханка, Хороль, Турий Рог и др.

Распределение земель на китайской стороне бассейна имеет следующую картину: из общей территории, которую китайская сторона относит к бассейну оз. Ханка, площадью в 1315,45 км² обрабатываемые земли занимают площадь 0,088 км², песчаные территории — 0,39, леса — 28,39, пустынные территории — 30,17. Под селитебные земли отведено 0,386 км², под дороги — 0,78, болотистые территории занимают площадь в 208,45 км², а водная поверхность — 1044,0 км².

Большая часть населения проживает в сельской местности (табл. 1.6). В статусе города в бассейне оз. Ханка находится лишь Спасск-Дальний, в котором

проживает 58,9 тыс. человек (21,7% от всего населения российской территории бассейна). Средняя плотность населения составляет порядка 15 чел/км² [19]. Природно-ресурсный потенциал территории определил развитие экономики российской части бассейна оз. Ханка. В силу природных условий, характера освоения с нашей стороны бассейна сложился целый комплекс различных экологических проблем.

Ряд этих проблем преимущественно обусловлен характером природных условий территории, но многие из них порождены ошибками освоения, проектирования, недоучетом тех же природных процессов, а также нерациональным природопользованием. Некоторые проблемы природного генезиса в результате недальновидной политики освоения усилились и превратились в катастрофические.

Китайская часть отличается значительной освоенностью, высокой плотностью населения [21]. Так, по имеющимся данным, на 2000 г. на китайской стороне бассейна располагались 6 деревень и 2 города (табл. 1.7) с общей численностью населения около 130 тысяч человек, при небольшом перевесе в доле городского населения – около 54% – и, соответственно, 46% составило сельское. Плотность населения составляет 55 человек на км² при населении в 0,42 млн человек. Большое влияние на экономику и экологические аспекты оказывает крупный г. Цзиси с населением около 2 млн человек.

Население на китайской стороне занимается главным образом сельским хозяйством, а также аквакультурой. Городское население большей частью занято промышленным производством, прежде всего строительных материалов, переработкой сельскохозяйственной продукции, а также управлением и бизнесом [19, 24].

Таблица 1.6. Плотность населения российской части бассейна оз. Ханка по районам

Район	Площадь, км ²	Население, тыс. чел.	Плотность, чел/км ²
Михайловский	2741	42,4	15,5
Пограничный	3750	24,8	6,6
Спасский	4790	89,6	18,7
Ханкайский	2756	27,8	10,1
Хорольский	1969	40,7	20,7
Черниговский	1843	46,9	25,4
Всего	17849	272,2	15,3

Таблица 1.7. Население китайской части бассейна оз. Ханка

Город/ поселок	Численность населения, тыс. чел.
T. Ziyi	9,2
V. Liumao	11,3
V. Yangmu	19,2
V. Xingkaaihu	11,0
V. Chenzihe	7,6
V. Baopozi	17,1
V. Shansuo	10,6
T. Dangbizi	0,3
Xingkaihu farm	13,1
№ 857 farm	14,3
№ 8510 farm	2,5

Проблемы, связанные с природными условиями

Территория Приморского края в целом, в том числе и территория бассейна оз. Ханка, имеет очень близкие к идеальным условия для формирования речных паводков: сравнительно короткие реки с небольшими площадями водосбора и со

слабоврезанными руслами, горный рельеф, сильно расчлененный речной сетью, муссонный климат с интенсивной циклонической деятельностью и резкие перемены от горной части к равнинной.

Для всего теплого периода года характерен паводочный режим. Дожди мая—начала июня на большей части территории еще формируют, как правило, паводки смешанного снегодождевого происхождения.

Катастрофические наводнения вызываются осадками фронтальных и тропических циклонов (тайфунов), которые выходят на территорию края в летне-осенний период в среднем два раза в год. Общая сумма осадков за дождь может достигать 200–300 мм, а площадь их выпадения — десятков и сотен тысяч квадратных километров. Такие дожди вызывают катастрофические наводнения на средних и крупных реках, приводят к затоплению освоенных территорий.

Отличительной особенностью наводнений является их стремительность. Так, за 36 часов в августе 1950 г. уровень воды на р. Илия поднялся на 4,2 м. Одной из серьезных проблем является колебание уровня оз. Ханка.

Отрывочные сведения за ранние годы позволяют в общих чертах восстановить ход уровня с середины XIX в.

График колебания среднегодового уровня воды озера выявляет четкую его цикличность с 60-х годов прошлого века по настоящее время.

1-й цикл от подъема до спада составил 23 года (с 1883 по 1906 г.),

2-й — 19 лет (1906–1925),

3-й — 29 лет (1925–1954),

4-й — 26 лет (1954–1980).

Самый интенсивный подъем наблюдался в 1906–1915 гг. (9 лет), самый интенсивный спад в 1975–1980 гг. (5 лет).

С 1975 по 1989 г. озеро «потеряло» 6,0 км³, период наибольшего спада совпал с расширением мелиоративных работ, в том числе с осушением Сунгачинских болот. Имеются материалы и об определенных изменениях в характере атмосферно-циркуляционных процессов в этот же период.

Подъем уровня 1980–1982 гг. составил лишь 52% амплитуды 1970–1980 гг. С 1991 г. уровень воды выше среднего многолетнего, в 1997 г. среднегодовой уровень составил 304 см. Таким образом, подъем и спад уровня воды оз. Ханка обусловлен как природно-климатическими процессами, так и хозяйственной деятельностью.

На основной ход уровня, обусловленный изменением объема воды в озере, накладываются также высокочастотные колебания в результате ветровых сгонно-нагонных денивелиаций поверхности воды. В результате наблюдается сложная и разнообразная сезонная динамика уровней на фоне их общего высокого или низкого стояния. По данным многолетних наблюдений, величина положительных и отрицательных отклонений уровня от среднего значения при сгонно-нагонных денивелиациях часто достигает 0,5–0,8 м, а при экстремальных ситуациях — до 1,5 м.

Таким образом, уровень озера контролируется двумя основными факторами. Первый из них — водный баланс озера, динамику которого определяет общий сезонный и многолетний режим уровней, обусловленный величиной накопленного влагозапаса на каждый момент времени, в том числе и подземного.

Второй фактор — ветровые воздействия, вызывающие систематические сгонно-нагонные деинвеляции уровня, различные и разнонаправленные в различных точках акватории, характерный временной масштаб которых измеряется часами—сутками [4, 5].

Учитывая установленный факт глобального потепления климата и выявленные признаки климатических изменений и гидрологических последствий этого в Приморском крае, следует ожидать, что экстремально высокое стояние уровня озера последних лет может являться отражением определенной тенденции изменения его режима. Очевидной причиной этого является серия многоводных лет, в особенности высокой водностью отличались 2012—2015 гг. Однако более точные причины и роль отдельных факторов в колебании уровня озера предстоит выяснить в ходе специальных исследований.

Еще одной проблемой, во многом связанной с природными условиями, является развитие ветровой и водной эрозии почв.

Проблемы антропогенного происхождения

Наиболее значимой проблемой, напрямую связанной с современной антропогенной деятельностью, на настоящее время стало загрязнение окружающей среды.

Основными загрязнителями среды в бассейне оз. Ханка на начало 2000-х годов являлись пестициды.

По фоновому гидрохимическому составу воды озера и рек его бассейна относятся к дальневосточному типу, который характеризуется малой амплитудой колебания во времени количества растворенных солей и отсутствием четко выраженной связи между расходами (уровнями) и минерализацией, которая в целом невелика. Величина минерализации воды озера изменяется в пределах 60—120 мг/дм³ [8].

Вода озера и рек бассейна относится к гидрокарбонатно-кальциевому типу. Величина водородного показателя (рН) воды озера изменяется в небольшом интервале: 7,4—7,6 ед. рН в летний период и несколько падает в зимний — до 7,0—7,2 ед. рН.

Характерной особенностью воды озера является ее большая мутность и значительное содержание взвешенных веществ в течение периода с конца марта до конца октября, в период ледостава их содержание падает до 5—11 мг/дм³.

Среднегодовые концентрации взвешенных веществ в воде озера за период наблюдений 1985—1997 гг. изменяются в пределах 24,7—80,6 мг/дм³, максимальные концентрации, превышающие 300 мг/дм³, отмечены в летний период на вертикалях, расположенных вблизи от берега [22]. Содержание взвешенных веществ в воде озера перед вскрытием не превышает 5—7 мг/дм³.

Также как с российской, так и с китайской стороны имеют место воздействия на экосистемы озера, поступающие от точечных и площадных источников. К точечным источникам относятся в первую очередь города и промышленные предприятия, к имеющим площадное распространение — главным образом сельское хозяйство.

Главной проблемой в состоянии поверхностных вод бассейна является их загрязнение биогенными веществами [9, 10, 22]. Трофность водоемов характеризует содержание биогенных элементов.

Распределение загрязняющих веществ в озере неравномерно. Если увеличение содержания нефтепродуктов отмечалось в северной части акватории, то пестицидов и фенолов – в южной. Область максимального биогенного загрязнения относится прежде всего к району, примыкающему к устью р. Спасовка.

Критерием оценки качества воды по гидробиологическим показателям служит индекс сапробности. По этому показателю вода озера на всей контролируемой акватории относится к классу «умеренно загрязненной».

Учитывая различные компоненты в оценке качества среды в соответствии с эколого-санитарной классификацией, можно сказать, что в целом степень загрязнения оз. Ханка на начало 2000-х годов не превышало слабую, и лишь на отдельных участках загрязнение заметно увеличивалось.

Анализ коренных причин основных проблем водной среды

Коренными причинами обозначенных основных экологических проблем, выявленных в бассейне оз. Ханка, по мнению российских и китайских специалистов, в рамках проведенного трансграничного диагностического анализа (ТДА) являются следующие:

1. С одной стороны, недоучет важнейших специфических черт, определяющих природные процессы на данной территории. В частности, недоучет того, что сложившиеся за миллионы лет богатейшие природные комплексы бассейна являются слабоустойчивыми к антропогенным воздействиям, привел к тому, что в местах интенсивного хозяйственного освоения они полностью уничтожены или находятся в кризисном состоянии.

2. С другой стороны, неравномерность хозяйственного освоения и сосредоточение антропогенного пресса на отдельных участках региона. Это способствовало созданию зон экологического неблагополучия.

Диспропорция в развитии отдельных отраслей, отсутствие комплексности в использовании сырьевых ресурсов также способствовали появлению экологических нарушений.

Развитие на российской стороне индустриального рисосеяния, ведущегося с нарушениями технологии, а также с использованием экологически опасных методов (авиаобработка чеков), тоже способствовало созданию серьезных экологических проблем в регионе.

На китайской стороне отмечены были упущения в контроле за использованием ядохимикатов и удобрений. Существует угроза эвтрофикации из-за высокой концентрации питательных веществ, но 4,5 холодных месяца сдерживают этот процесс [28].

Таким образом, представленные в разделе материалы показывают, что экологические проблемы в бассейне порождены недоучетом специфики природных условий, несовершенными формами хозяйствования в агропромышленном и минерально-сырьевом комплексах, нерациональным использованием вод, загрязнением природной среды химическими веществами, прямым разрушением природных объектов.

Чтобы минимизировать негативные последствия последних изменений в окружающей среде озера и его бассейна, в том числе и подъема уровней воды, а также определить имеющиеся и потенциальные риски, необходимо проведение комплексных международных исследований в рамках единой программы. Это важно для выработки рекомендаций по адаптации системы природопользования к подобным процессам в настоящее время и в обозримом будущем.

В целом в рамках этой программы необходимо решение следующих основных задач:

1. Проведение анализа всех имеющихся данных с целью уточнения периодичности колебаний уровня озера в связи с динамикой водного баланса и потеплением климата.

2. Выявление воздействия региональной и локальной климатической, гидрологической, тектонической, геоморфологической и антропогенной составляющих на колебания уровней озера.

3. Уточнение ландшафтного строения прибрежных геосистем, хозяйственно-экономической структуры территории и тенденций их современных изменений.

4. Выявление негативных геоэкологических и экономических последствий как на российской, так и на китайской частях бассейна оз. Ханка от подъема уровня воды в настоящее время, на ближайшую и отдаленную перспективы. Определение территории, попадающей в зону риска.

5. На основе установленных причин, масштабов и тенденций изменения колебаний уровня воды в оз. Ханка и степени их последствий разработка обоснованных предложений по защите различных объектов от негативного воздействия вод. При этом следует учитывать, что для заповедных территорий естественные изменения уровня воды в озере являются их природной особенностью.

6. Кроме того, необходима оценка современной динамики загрязнения бассейна и вод озера, определение роли различных источников загрязнения.

Выполнение указанных задач целесообразно осуществить в два этапа, отражающих сложность и трудозатраты на сбор информации и время, необходимое для организации специальных и экспедиционных исследований и других мероприятий.

В краткосрочной перспективе целесообразно:

- организовать и провести комплексную совместную с специалистами КНР экспедицию для сбора недостающих и уточнения имеющихся морфометрических характеристик озера с целью картирования проявлений негативного воздействия на прибрежные геосистемы (размыв берегов, аккумуляции наносов в устьях рек и в истоке р. Сунгача, затопление и подтопление территорий, изменение растительности и др.);

- собрать и проанализировать все имеющиеся данные гидрометеорологических наблюдений с целью выявления трендов в их динамике и связей между изменением количества осадков на водосборе, объемом стока основных притоков, режимом грунтовых вод, стоком из р. Сунгача, потеплением климата и т.п.;

- на основе различных сценариев прогноза изменений уровня оз. Ханка рассчитать максимальные отметки и площади затопления прибрежных территорий

с предложениями по минимизации их негативного воздействия для хозяйственной деятельности.

На втором этапе для реализации прогнозно-оценочных расчетов актуально разработать математическую модель бассейновой геосистемы оз. Ханка, которая может быть включена в состав информационных технологий для поддержки принятия решений для управления водными ресурсами региона и обеспечения устойчивой хозяйственной деятельности на водосборе оз. Ханка. При этом надо понимать, что данная работа может иметь успех только при условии тесной кооперации с китайскими специалистами.

Литература

1. Богуцкая Н.Г., Насека А.М. Круглоротые и рыбы бассейна оз. Ханка (система реки Амур): аннотированный список видов с комментариями по их таксонам и зоогеографии региона. Спб., 1996. 89 с.
2. Бочарников В.Н., Глушенко Ю.Н. Численность и размещение водоплавающих птиц в районе оз. Ханка // Геология и экология бассейна р. Амур. Благовещенск, 1989. Ч. 3. С. 25–27.
3. Бочарников В.Н., Глушенко Ю.Н. Рисовые системы и население птиц на Приханкайской низменности // Роль мелиораций в природопользовании. Владивосток, 1990. Ч. 1. С. 144–146.
4. Васьковский М.Г. Уровенный режим оз. Ханка // Методика расчета и прогноза стока рек Дальнего Востока. Л.: Гидрометеиздат, 1968. С. 155–182.
5. Васьковский М.Г. Гидрологический режим оз. Ханка. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 171 с.
6. Гарцман И.Н., Лыло В.М., Черненко В.Г. Паводочный сток рек Дальнего Востока // Труды ДВНИГМИ. 1974. Вып. 34. 264 с.
7. Голозубов В.В., Гонохова Н.Г., Раткин В.В. и др. Геология и полезные ископаемые Приморского края. Владивосток: Дальнаука, 1995. 66 с.
8. Дербенцева А.М., Трегубова В.Г., Подкопаева О.В. Характеристика источников загрязнения агроландшафтов бассейна реки Мельгуновка Приморского края // Мониторинг лесных и сельскохозяйственных земель Дальнего Востока. Владивосток, 1997. С. 91–94.
9. Долговременная программа охраны природы и рационального использования природных ресурсов Приморского края до 2005 г. (Экологическая программа). Ч. 1. Владивосток: ДВО РАН, 1992. 388 с.
10. Долговременная программа охраны природы и рационального использования природных ресурсов Приморского края до 2005 г. (Экологическая программа). Ч. 2. Владивосток: ДВО РАН, 1992. 297 с.
11. Ивашинников Ю.К. Физическая география и природные ресурсы Дальнего Востока России: монография. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2010. 340 с.
12. Игнатова Н.К., Качур А.Н., Киселев А.Н. Краткая характеристика животного населения и растительности трех геоботанических провинций северо-востока КНР // Исследования и конструирование ландшафтов Дальнего Востока и Сибири: сб. науч. работ. Вып. 3. Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 1998. С. 186–190.
13. Колесников Б.П. Очерк растительности Дальнего Востока. Хабаровск, 1955.
14. Колесников Б.П. Растительность. Дальний Восток. М.: Изд-во АН СССР, 1961.
15. Короткий А.М., Михайлов М.А., Китаев И.В., Курносов В.Б. Литология и геохимия озерных отложений гумидной зоны (на примере оз. Ханка). М.: Наука, 1979. 124 с.
16. Куренцова Г.Э. Естественные и антропогенные смены растительности Приморья и Южного Приамурья / под ред. Н.Г. Васильева; Академия наук СССР, Дальневосточный научный центр, Биолого-почвенный институт. Новосибирск: Наука, 1973. 230 с.
17. Пшеничников Б.Ф., Пшеничникова Н.Ф. Основы почвоведения и географии почв: учеб. пособие. Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2006. 200 с.
18. Региональный доклад UNEP «Биоразнообразие бассейна оз. Ханка». 1999. Фондовые материалы ТИГ ДВО РАН.
19. Региональный доклад UNEP «Современная социально-экономическая характеристика бассейна оз. Ханка». Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 2000. 103 с.
20. Соколов В.Е., Филонов К.П., Нухимовская Ю.Д., Шадрин Г.Д. Экология заповедных территорий России. М.: Янус-К, 1997. 485 с.
21. Туристическая схема: Приморский край. М 1:1250000 / Преловский В.И., Бакланов П.Я., Качур А.Н. и др. М.: Роскартография, 1997. 1 печ. л.
22. Чудаева В.А. Экологическая обстановка бассейна оз. Ханка в связи с рисосеянием // Экологические аспекты охраны живой природы. М., 1990. Ч. 2. С. 68–69.

23. A sustainable land use and allocation program for the Ussury/Wusuli river watershed and adjacent territories (northeastern China and the Russian Far East) / George D. Devis, Peter Ya. Baklanov, Anatoli N. Kachur, Boris. A. Voronov and others. ESD Inc. USA; FEB-RAS PGI, FEB-RAS IAEP, RUSSIA; HPTS, CHINA; National Committee on U.S.-China Relation. 1996. 97 p.
24. Diagnostic Analysis of the Lake Xingka/Khanka basin (People's Republic of China and Russian Federation) / Takehiro Nakamura, Jin Xiangcan, Kachur A. and others. UNEP, Nairobi, Kenya. 2001. 136 p.
25. Regional Overview on Atmospheric Deposition of Contaminants into the Marine and Coastal Environment in NOWPAP Region. United Nations Environment Programme Northwest Pacific Action Plan, Pollution Monitoring Regional Activity Center / Liu Shuqin, A.N. Kachur; Ed. A.N. Kachur. Vladivostok: L-print, 2007. 99 p.
26. Regional Overview on River and Direct Inputs of Contaminants into the Marine and Coastal Environment in NOWPAP Region. United Nations Environment Programme Northwest Pacific Action Plan, Pollution Monitoring Regional Activity Center / V.M. Shulkin; Ed. A.N. Kachur. Vladivostok, 2007. 65 p.
27. Regional overview of PTS and POPs issues of ecological concerns in the NOWPAP region / Yasuyuki Shibata; Ed. V. Shulkin, A. Kachur. Vladivostok; Tokyo, 2014. 258 p.
28. Ziangcan Jin. Lakes in China. Research of Their Environment. Beijing: China Ocean Press, 1995. Vol. 2. 335 p.

ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЧИНЫ КОЛЕБАНИЙ УРОВНЯ ВОДЫ В ОЗЕРЕ ХАНКА

Для крупных внутренних водоемов мира и России характерны многолетние колебания уровня воды, природа которых до настоящего времени остается недостаточно понятной и слабо изученной. Широко известны изменения уровней Каспийского и Аральского морей, Иссык-Куля, Балхаша и Байкала. На Дальнем Востоке к подобным водным объектам относится оз. Ханка. Колебания уровня воды в них носят непостоянный характер с периодами высокой и низкой водности различной продолжительности и проявляются асинхронно в водоемах, расположенных даже недалеко друг от друга, что указывает на их слабую связь с глобальными климатическими процессами.

Быстрые изменения уровня воды наносят существенный ущерб хозяйственной деятельности и оказывают заметные влияния на состояние прибрежных экосистем озер. Исследования в России и за рубежом свидетельствуют о том, что в последние годы участились катастрофические гидрологические явления, усугубились их экономические, социальные и экологические последствия. В условиях дальнейшего быстрого изменения климата это приведет к тому, что они станут еще более частыми, масштабными и интенсивными.

Проблема эффективного управления водно-ресурсными системами в настоящее время весьма актуальна для многих регионов России, и ее решение возможно лишь на основе глубокого знания природных процессов с учетом глобальных климатических изменений и активизации хозяйственной деятельности в бассейнах рек и озер, влияющих на их водный режим.

Как показывают имеющиеся немногочисленные данные, многолетние колебания уровня воды в оз. Ханка являются важнейшей особенностью его водного режима. За последние сто лет наиболее низкий уровень воды в озере отмечался в 1925–1926 г., опустившись до отметки 67,48 м над уровнем моря. Наиболее высокий уровень воды наблюдался 23 октября 1974 г., когда на восточном побережье

озера в результате нагона он достиг отметки 72,30 м. Таким образом, максимальная амплитуда превысила 4,8 м за этот период времени.

При анализе многолетнего водного режима следует иметь в виду, что колебания уровня воды в озере имеют различную природу и, соответственно, масштабы, направленность, амплитуду и последствия для прибрежных экосистем.

Выделяются четыре типа колебаний уровня воды в оз. Ханка:

1. Долговременные периодические колебания, обусловленные особенностями геологического и геоморфологического развития территории. Следы их хорошо фиксируются при палеогеографических исследованиях и в общих чертах изучены [1–3]. Колебания уровня составляют 4–5 м и имеют неодинаковую продолжительность стояния высоких и низких уровней. Природа таких колебаний связана с современными тектоническими движениями, влияющими на рельефообразующие процессы в акваториях озер и долинах рек. В общем виде это выглядит следующим образом. Поднятие территории вызывает оживление эрозионных процессов, углубление речных долин и спуск воды из озер. Наоборот, опускание создает условия для образования аллювиальных плотин в истоках вытекающих из озер рек, расширения акватории в результате трансгрессии.

Изменения уровня воды под влиянием тектоно-геоморфологических факторов происходят достаточно медленно — обычно для платформенных и субплатформенных областей они составляют первые миллиметры в год, что соответствует 1–2 м за 500–1000 лет. Продолжительность периода снижения или повышения уровня составляет многие сотни и тысячи лет. При этом необходимо учитывать неравномерность движений различных тектонических блоков в пределах озерной котловины.

Анализ этой составляющей для бассейна оз. Ханка показывает, что в голоцене уровень озера постепенно снижался, на что указывают палеогеографические данные [3]. Современная аккумуляция в бассейне Амура, которая могла бы быть причиной трансгрессии оз. Ханка, не достигает верхнего и среднего течения р. Уссури и ее притока р. Сунгача [4]. В последние несколько сотен лет и в настоящее время наблюдается тенденция крайне медленного направленного снижения уровня воды в оз. Ханка вследствие врезания русла р. Сунгача (рис. 1.2). Об этом свидетельствуют следующие факты:

- спрямление излучин в верхнем течении реки,
- наличие многочисленных брошенных рукавов, параллельных руслу Сунгачи вдоль ее правого берега,
- формирование серии вдольбереговых аккумулятивных форм рельефа (валов) регрессивного типа в районе истока р. Сунгача, выдвигающихся в акваторию озера,
- слабая интенсивность абразионных процессов и небольшая протяженность размываемых волнами берегов оз. Ханка.

Формирование береговых валов оз. Ханка, уменьшающих ширину и глубину р. Сунгача в ее истоке [5], способствует уменьшению стока воды из озера, что может быть дополнительным фактором, влияющим на повышение уровня воды в озере.

2. Многолетние колебания уровня воды впервые достоверно были выявлены в результате исследований гидрологов [6, 7], хотя о них упоминалось ранее по

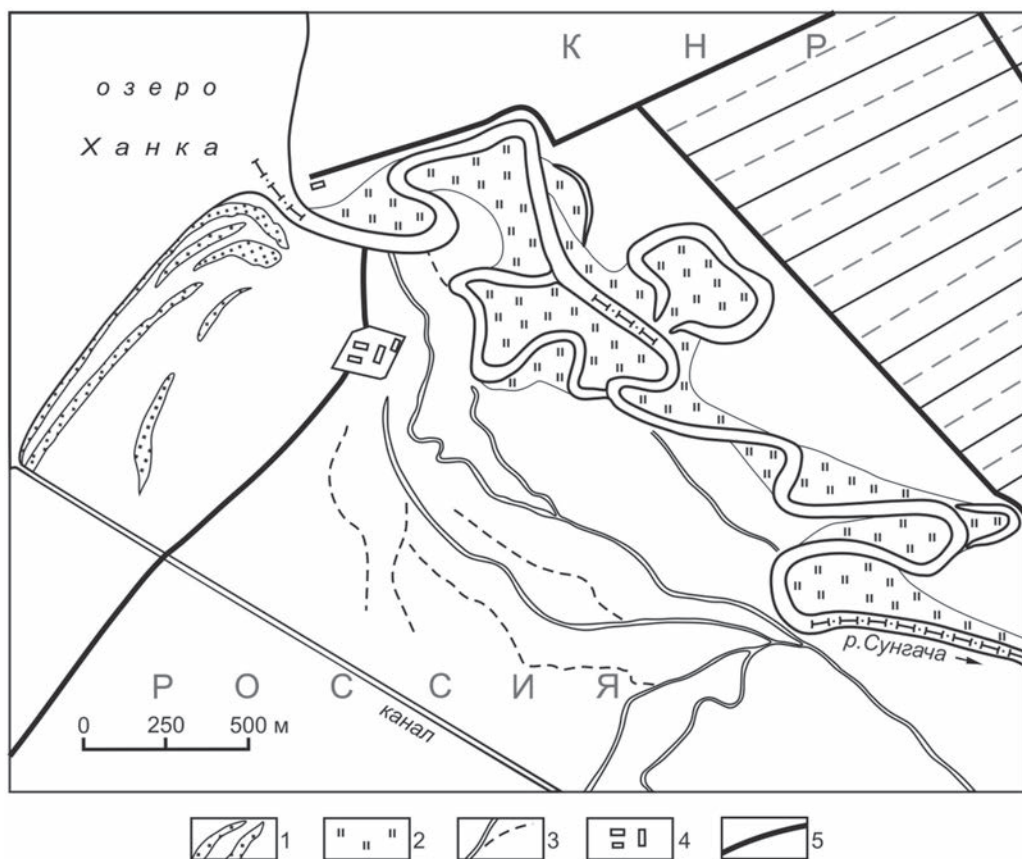


Рис. 1.2. Геоморфологическая схема строения участка побережья оз. Ханка в истоке р. Сунгача: 1 – озерные береговые валы, 2 – пойма р. Сунгача, 3 – брошенные второстепенные рукава р. Сунгача, 4 – строения, 5 – дороги

расспросным данным в трудах первых естествоиспытателей Дальнего Востока. Их причина не совсем ясна вследствие сложности процессов взаимовлияния различных факторов в формировании стока в бассейне озера. Следует предположить, что основными из них являются приток за счет поверхностных водотоков, выпадение атмосферных осадков на акваторию озера, поступление подземных вод, испарение и поверхностный сток из озера (р. Сунгача), а также антропогенное воздействие. Каждый из этих факторов в отдельности не может быть ответственным за многолетние колебания уровня воды. Если бы это было так, то его влияние было бы легко установлено. Следовательно, эффект этих факторов проявляется только в совокупном их действии.

В качестве рабочей гипотезы можно предположить, что повышенная увлажненность территории бассейна озера совпадает в определенные периоды с повышенным подземным стоком, который обусловлен предыдущим периодом значительного количества атмосферных осадков в бассейне озера. В промежутке между этими периодами, когда в озере мало воды, исток р. Сунгача заполняется

наносами как в русле, так в береговой зоне озера перед истоком. Высокие уровни воды в озере способствуют постепенному промыву истока реки, и с течением времени сток ее увеличивается, снижая уровень озера. Таким образом, в водном режиме озера проявляются периоды высокой и низкой водности, зафиксированные наблюдениями (табл. 1.8).

Таблица 1.8. Периоды высокой и низкой водности оз. Ханка

Высокие уровни воды в оз. Ханка		Низкие уровни воды в оз. Ханка	
Годы	Продолжительность	Годы	Продолжительность
1912–1920	9*	1921–1928	8
1932–1948	17	1952–1956	5
1960–1975	16	1978–1983	6
1987–2003	16	2004–2006	3
2007–2016	10*		

*Неполный ряд наблюдений.

3. Сезонные колебания уровня воды связаны с периодами снеготаяния, повышенного речного стока в летне-осенний дождливый сезон, продолжительного засушливого времени в первой половине лета и зимой. Эти колебания в целом незначительны и довольно хорошо прогнозируются. Однако на фоне многолетних колебаний уровня при совпадении с его максимумами высокие сезонные уровни воды способны привести к значительному временному затоплению обширных пространств вследствие равнинности окружающей озеро территории. При малых уклонах поверхности подъем воды на 20–30 см способен привести к смещению уреза воды на сотни метров и подтоплению почв на значительной площади.

4. Кратковременные нагоны за счет длительно дующих ветров имеют продолжительность до нескольких суток и наиболее опасны при высоких уровнях воды, обусловленных многолетними и сезонными колебаниями. Их негативное и опасное влияние отмечал В.К. Арсеньев во время своего посещения озера.

Особо следует выделить антропогенное воздействие на водный режим озера, несомненно, накладывающееся на естественные изменения уровня. Возможно, что исключительно высокие уровни воды в последний период (2007–2016 гг.) обусловлены частично дополнительным стоком воды в озеро с китайской территории. Они могли несколько усилить естественные факторы.

Кратковременное обследование восточного побережья оз. Ханка в конце июля 2015 г., опрос местного населения и анализ космических снимков показали, что особенно высокие уровни воды в озере отмечаются последние три года и на отдельных участках существенно влияют на природную среду и условия хозяйственной деятельности в прибрежной полосе озера.

Было установлено, что на некоторых участках побережья вблизи устьев рек Спасовка и Илистая происходит абразия берегов. Во время штормов процессы волнового разрушения берега могут достигать нескольких метров в год.

Подъем уровня воды привел к затоплению пониженных прибрежных участков, повышению уровня грунтовых вод с соответствующим изменением видового

состава и продуктивности лугов, заболачиванию новых участков. Отмирание растительности в зоне затопления и удаление растительных остатков вдольбереговым течением приведет к расширению акватории озера.

В восточной части побережья от устья р. Илистая до истока р. Сунгача протяженность береговой линии составляет 70 км. Из них 28 км (40%) приходится на территорию Ханкайского заповедника, для которого повышение уровня воды в озере представляет собой природный процесс.

Если изменения различных компонентов ландшафтов не несут прямой угрозы для природных комплексов, то для объектов инфраструктуры последствия могут оказаться весьма существенными. Расположенные в этой части населенные пункты – села Новосельское и Сиваковка при современном высоком стоянии уровня воды значительного прямого негативного воздействия и особо опасных процессов не испытывают. Местами произошло затопление грунтовых дорог, строений различного назначения, расположенных в непосредственной близости к линии берега. Однако подъем уровня грунтовых вод будет способствовать разрушению фундаментов и обводнению грунтов на пониженных участках.

При современном стоянии уровня озера и тем более дальнейшем его повышении произойдет затопление освоенных ранее земель, строений различного назначения, дорог, подтопление грунтовыми водами обширных территорий с изменением гидротермических свойств почвогрунтов, размыв берегов. Масштабы этих последствий в настоящее время предсказать весьма сложно. Это может быть сделано лишь на основе оценки величины и продолжительности современного подъема уровня воды в озере, достоверный прогноз которых в силу отсутствия многих данных пока невозможен.

Одной из наиболее сложных задач представляется оценка изменения баланса водных масс озера, так как для этого необходимо большое количество данных об уровнях озера, о притоке поверхностных и подземных вод, испарении на водной поверхности и в бассейнах притоков. Вполне вероятно, что таких данных, учитывая редкую сеть пунктов наблюдения в рамках Государственного мониторинга, может быть недостаточно, что потребует дополнительного сбора информации, имеющегося в организациях различной ведомственной подчиненности, а также оборудования ряда новых постов наблюдений [8].

Необходимо изучить временные изменения приточности воды в озеро. Они во многом связаны с количеством атмосферных осадков, выпадающих как непосредственно на акваторию озера, так и в его бассейне. Учитывая замедленное по сравнению с поверхностным стоком движение грунтовых вод, большое количество осадков в течение нескольких лет подряд способно обеспечить существенный объем подземного стока в озеро несколько лет подряд. Сочетание большого притока подземных, поверхностных вод и атмосферных осадков при сохранении относительно равных условий для испарения и стока воды через р. Сунгача, может обеспечить подъем уровня воды в течение нескольких лет. При этом испарение с акватории озера и сток р. Сунгача также может иметь свои периоды высоких и низких значений в течение нескольких лет.

Природа длительных трансгрессий и регрессий озера, происходивших неоднократно в течение четвертичного периода, и современных колебаний уровня воды различна. Первые в продолжение длительного времени (тысячелетние) были однонаправленны и определялись региональными особенностями геологического развития территории, в то время как вторые (десятилетние), вероятно, определяются климатическими особенностями территории и условиями формирования поверхностного и подземного стока в бассейне озера.

Следует иметь в виду: высокое стояние уровня воды в озере не может продолжаться слишком долго, что следует из колебательной природы его уровня режима. Продолжительность этого периода по аналогии с предыдущими колебаниями предположительно можно оценить величиной порядка 15–20 лет. Более точный прогноз в настоящее время при отсутствии достаточного количества данных невозможен.

Таким образом, наиболее вероятной причиной современного повышения уровня озера является сочетание ряда природных факторов, периодически повторяющихся в акватории озера и его бассейне. Среди них основными являются многолетние изменения баланса водных масс озера, обусловленные повышенной увлажненностью бассейна, затруднением стока воды через р. Сунгача вследствие уменьшения ее пропускной способности в результате повышенной аккумуляции в истоке и расположенном ниже русле в предшествовавший период низкой водности. Следует также учитывать влияние антропогенного фактора, обуславливающего дополнительную приточность в озеро за счет сбросов вод из р. Мулинхэ (с территории КНР), а также изменения гидротермического режима территории в результате вырубки лесов и пожаров в бассейне озера.

Необходимо провести крупномасштабные комплексные исследования механизма колебаний уровня оз. Ханка на основе анализа имеющихся и дополнительно полученных данных. Это позволит разработать обоснованные предложения по наиболее эффективной защите прибрежных территорий от неблагоприятных последствий катастрофических наводнений и обмелений.

Литература

1. Павлюткин Б.И., Ханчук А.И. Новые данные о возрасте оз. Ханка, Дальний Восток России // ДАН. 2002. Т. 382, № 6. С. 826–828.
2. Базарова В.Б., Мохова Л.М., Орлова Л.А., Белянин П.С. Динамика изменения уровня оз. Ханка в позднем голоцене // Тихоокеанская геология. 2008. Т. 27, № 3. С. 111–116.
3. Воскресенская Т.Н. Эволюция озерного водоема и особенности палеогеографии Приханкайской впадины в позднем кайнозое // Проблемы палеогеографии и стратиграфии плейстоцена: сб. науч. ст. Вып. 3. М.: Геогр. ф-т МГУ, 2011. С. 126–133.
4. Махинов А.Н. Современное рельефообразование в условиях аллювиальной аккумуляции. Владивосток: Дальнаука, 2006. 232 с.
5. Губарева Е.К. Развитие и современная динамика русла р. Сунгачи // Геоморфология. 2015. № 4. С. 50–59.
6. Баканов К.Г. Многолетний режим уровня оз. Ханка: автореф. дис. ... канд. тех. наук / Ин-т водных проблем АН СССР М., 1988. 20 с.
7. Васильковский М.Г. Гидрологический режим оз. Ханка. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 175 с.
8. Журавлев Ю.Н., Клышевская С.В. Проблема регулирования уровня воды в бассейне оз. Ханка (Приморский край) // Вестник ДВО РАН. 2015. № 5. С. 40–52.

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ НЕУСТОЙЧИВОСТИ РЕЖИМА ОЗЕРА ХАНКА

В последние 10 лет в режиме уровня оз. Ханка наметилась тенденция его непрерывного повышения (рис. 1.3). В 2015 г. максимальный и среднемесячный уровень в августе превысил свой исторический максимум, который наблюдался в 1974 и 1975 гг. (соответственно 401 и 395 см; а максимальный среднесуточный – 402 и 399 см), на 0,5 м. Наблюденный кратковременный уровень 23 октября 1974 г.

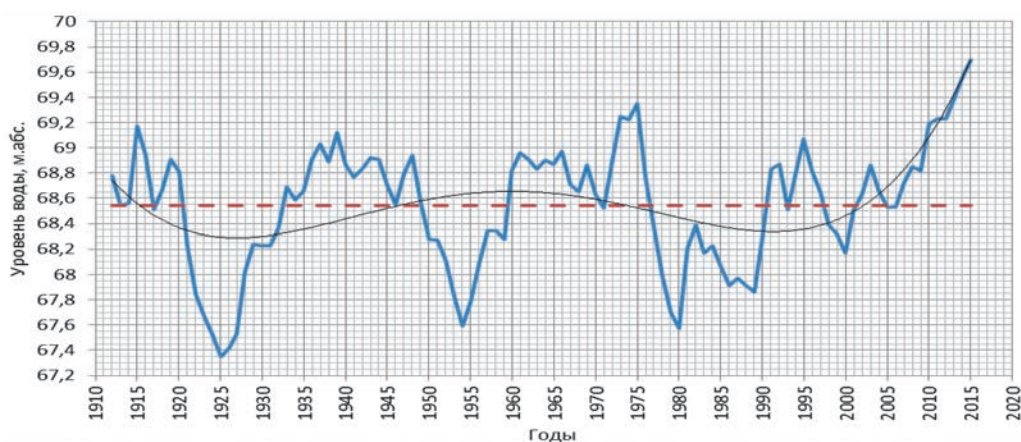


Рис. 1.3. Динамика среднегодового уровня воды (м.абс.) в оз. Ханка за период наблюдений (пунктиром показан среднеемноголетний уровень)

с учетом нагона у сопки Лузанова был равен 447 см. Среднегодовой уровень воды в озере в 2015 г. составил 416 см, обеспеченность его была выше 1% (табл. 1.9). Это в сочетании со штормами привело к подтоплениям целого ряда населенных пунктов, подмыву и разрушению берегов вместе со всеми находящимися на них объектами.

Таблица 1.9. Параметры и расчетные величины обеспеченности среднегодовых уровней воды в оз. Ханка

Параметры			Расчетные величины, обеспеченность								
Нср	C_v	C_s	0,1%	1%	5%	10%	20%	25%	50%	75%	95%
293	0,17	-0,27	427	397	370	355	335	328	295	261	208

Версий, объясняющих сложившуюся ситуацию в бассейне оз. Ханка, в печати и СМИ было высказано достаточно много [8, 9]. Попробуем разобраться в проблеме, основываясь на опубликованных данных наблюдений на озере и других источниках.

Площадь оз. Ханка непостоянна из-за колебаний уровня воды и изменяется от 3940 до 5010 км², а объём воды – от 12,7 до 22,6 км³ (табл. 1.10).

Уровненный режим оз. Ханка и его емкостные характеристики определяют природные и антропогенные факторы. Природные факторы: атмосферная циркуляция; атмосферные осадки на озеро; речной приток в озеро; испарение с водной поверхности озера и отток из озера. К антропогенным факторам или хозяйственной

Таблица 1.10. Основные характеристики оз. Ханка по [7]

Характеристика	Значение	Характеристика	Значение
Площадь озера при низшем уровне (174 см), км ²	3940	Объем озера при низшем уровне, км ³	12,7
Площадь озера при среднем уровне (298 см), км ²	4070	Объем озера при среднем уровне, км ³	18,3
Длина озера, км	90	Площадь водосбора общая, тыс. км ²	16,89
Ширина озера (макс.), км	67	Площадь водосбора в пределах РФ, тыс. км ²	15,37
Средняя глубина озера, м	4,5	Средний приток в озеро, км ³	1,93
Максимальная глубина озера, м	6,5	Средний сток из озера, км ³	1,88

деятельности на водосборной площади озера следует отнести гидромелиорацию и переброску стока.

Осадки на водную поверхность озера являются одной из важных составляющих водного баланса оз. Ханка. Расчеты годовых осадков на поверхность озера, проведенные М.Г. Васьковским в фундаментальной работе по оз. Ханка [5], показали, что осадки, подсчитанные с помощью планиметрирования и осреднения по пунктам, в среднем разнятся на 3%, и величина их за 1949–1971 гг. в среднем составляет 567 мм при диапазоне изменений от 412 до 788 мм.

По данным [10] средние осадки по двум метеостанциям (мст.) вблизи озера (Астраханка и Новосельское) мало отличаются от вышеприведенных. При этом за сезон (май–октябрь) на поверхность озера выпадает 89,3% от годовой суммы. Коэффициент вариации годовых сумм осадков по обоим станциям невелик (0,20 и 0,17 соответственно). Коэффициенты асимметрии – 0,8 и 0,2.

Распределение осадков по месяцам показано в табл. 1.11. Диапазон годовых осадков по станциям составляет 384–852 мм (Турий Пог) и 323–837 мм (Астраханка).

При пересчете осадков в объемных единицах (км³) с использованием площади зеркала озер Ханка и Малая Ханка при среднемноголетнем уровне получим представление о масштабах прихода влаги в озеро из атмосферы. Средний объем осадков на озеро составляет 2,45 км³. Доля этого прихода в общем объеме озера составляет в среднем около 13%. Средние характеристики годовых осадков по этим станциям за 1981–2010 гг. изменились всего на 1–4 мм, а средние месячные – на 0–8 мм.

Согласно [11] в озеро с российской территории впадают 24 реки, из которых наиболее крупные Илистая, Мельгуновка, Комиссаровка, Спасовка с площадями водосборов более 1000 км²; 8 рек длиной менее 50 км (Рисовка, Третий Ерик, Первый Ерик, Грязнуха, Малые Усачи, Большие Усачи, Тур) и 13 – длиной менее 10 км. Из этих рек, только на 6 имеется достаточный ряд наблюдений за стоком. С территории Китая в озеро впадают несколько небольших рек длиной от 15 до 50 км. В [5] для оценки приточности в озеро использованы две реки (Илистая и Мельгуновка) и предложена простая формула для оценки ежегодного притока в озеро со всей его водосборной площади:

$$Q_{\text{пр}} = K * (Q_{\text{Ил.}} + Q_{\text{Мел.}}) = 1,92 * (Q_{\text{Ил.}} + Q_{\text{Мел.}}). \quad (1.1)$$

Таблица 1.11. Среднегодовое количество осадков на поверхность озера по [9]

Период	Количество осадков, мм				Объем	
	мст. Астраханка	мст. Новосельское	мст. Турий Рог	Среднее	км ³	%
Январь	5	9	6	6,7	0,028	1,1
Февраль	6	10	7	7,7	0,032	1,3
Март	12	18	12	14	0,059	2,4
Апрель	27	35	28	30	0,126	5,2
Май	58	66	53	59	0,248	10,1
Июнь	82	77	77	78,7	0,331	13,5
Июль	97	96	106	99,7	0,42	17,1
Август	118	122	114	118	0,497	20,3
Сентябрь	82	92	75	83	0,349	14,3
Октябрь	44	60	48	50,7	0,213	8,7
Ноябрь	17	29	17	21	0,088	3,6
Декабрь	7	14	9	10	0,042	1,7
Апрель– октябрь	508	548	502	519	2,186	89,3
Год	555	628	561	581	2,447	100

При этом ошибка расчета составляет в среднем 5,4%.

Суммарный сток 6 водотоков (табл. 1.12), непосредственно впадающих в оз. Ханка (реки Кулешовка, Спасовка, Илистая, Мельгуновка, Комиссаровка и Большие Усачи) и занимающих 62,3% всей площади бассейна озера, включая бассейн оз. Малая Ханка, в среднем за 68 лет составляет 1,47 км³. За последние 10 лет значение этой характеристики повысилось всего на 0,05 км³.

Средний годовой объем стока с неучтенной площади (6168 км²), представленной водотоками в основном длиной менее 10 км, приблизительно равен 0,5 км³.

Таблица 1.12. Характеристики стока изученных рек, впадающих в оз. Ханка

Река–пункт						Сумма (Среднее)
Спасовка– Спасск	Илистая– Халкидон	Мельгунов- ка–Луговой	Комисса- ровка–Иль- инка	Большие Усачи– Первомайское	Кулешовка– Спасское	
Площадь водосбора, км ²						
325	4030	3450	2080	237	322	10444
Средний годовой объем стока за период совместных наблюдений, млн м ³ (1965–1991 гг.)						
74,7	658	340	342	26,4	51,0	1492
Средний годовой модуль стока за период совместных наблюдений (1965–1991 гг.), л/с км ²						
7,29	5,17	3,12	5,22	3,53	5,02	(4,89)
Средний годовой объем стока за приведенный период, млн м ³ (1947–2015 гг.)						
77,5	660	347	315	22,2	52,5	1474
Средний годовой объем стока за приведенный период, млн м ³ (2006–2015 гг.)						
94,6	699	367	268	18,6	70,6	1519

Таким образом, общий приток речных вод в озеро в среднемноголетнем разрезе (без учета попусков из р. Мулинхэ — о чем будет сказано ниже) составляет $1,97 \text{ км}^3$. При этом из озера вытекает только одна (трансграничная) река — Сунгача — приток Уссури (бассейн Амура). Общая площадь водосбора р. Сунгача $27,27 \text{ тыс. км}^2$, из них $22,1 \text{ тыс. км}^2$ на российской территории. Длина р. Сунгача 212 км . Расстояние от истока до устья реки по прямой 72 км , по отдельным спрямленным отрезкам — 92 км . Коэффициент извилистости реки $2,4$. В нее справа впадает 2 сравнительно больших притока (реки Белая и Черная) и 16 притоков с обеих сторон длиной менее 10 км . Кроме того, со стороны КНР к реке примыкают более 40 ирригационных каналов. Река Сунгача впадает в р. Уссури на расстоянии 450 км от устья.

Ориентировочный диапазон пропускной способности р. Сунгача при различных уровнях воды (H) в озере, по результатам исследований ДальНИИГиМ и Примгидромета в 1977–1978 гг. следующий:

при $H_{\text{макс.}}$ — $Q = 55\text{--}60 \text{ м}^3/\text{с}$ или $1,73\text{--}1,89 \text{ км}^3$ в год;

при $H_{\text{ср.}}$ — $Q = 35\text{--}45 \text{ м}^3/\text{с}$ или $1,10\text{--}1,42 \text{ км}^3$ в год;

при $H_{\text{мин.}}$ — $Q = 25\text{--}30 \text{ м}^3/\text{с}$ или $0,79\text{--}0,95 \text{ км}^3$ в год.

При расчетах водного баланса озера испарение с водной поверхности в [5] вычислялось по эмпирической формуле, в которой в качестве предикторов были упругость водяного пара и скорость ветра на высоте 2 м . Расчеты велись только для периода с мая по октябрь. При сравнении с испарением с испарительного бассейна автор монографии приходит к выводу, что расчетное испарение на $10\text{--}20\%$ меньше, чем испарение в бассейне. Для холодного периода испарение с озера было принято равным 6% от испарения в теплый период. По [5] испарение с поверхности озера за год в среднем составляет 584 мм при диапазоне $461\text{--}759 \text{ мм}$. При этом доля годового испарения в общем объеме озера составляла в среднем около 13% .

По данным Примгидромета, значения испарения с водной поверхности испарительного бассейна (20 м^2), установленного на мст. Астраханка, и результатов измерения испарения со снега на мст. Тимирязевская с введением повышающих коэффициентов (что противоречит выводам в [5]) за последние годы колеблются в диапазоне $700\text{--}760 \text{ мм}$. В то же время наблюдаемое по бассейну 20 м^2 испарение не превышает 633 мм за сезон, а с учетом рекомендаций [5] — 671 мм за год. Судя по табл. 1.13, диапазон измеренного испарения по бассейну за приведенные периоды практически не отличается.

Интенсивное развитие *мелиорации земель* в бассейне оз. Ханка на российской территории началось в 1970-х годах (1972–1975 гг.) в бассейнах рек Комиссаровка, Мельгуновка, Илистая и Спасовка. К 1980 г. в Приморье был создан достаточно мощный потенциал рисосеяния, построены современные инженерные рисовые системы на площади 69 тыс. га , осуществлено комплексное строительство 13 новых агропоселков, создана база строительных и эксплуатационных организаций [12].

В бассейне оз. Ханка орошалось 53 тыс. га площадей, занятых под рис, и $11,5 \text{ тыс. га}$ под овощные культуры и кормовые севообороты; было осушено свыше 40 тыс. га заболоченных и переувлажненных территорий и построены десятки водохранилищ сельскохозяйственного назначения; свыше 7 тыс. км оросительных и сбросных каналов (табл. 1.14).

Таблица 1.13. Испарение с испарительного бассейна (20 м²) (мст. Астраханка)

	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	V–X	IV–XI
1957–1975 гг.										
Средн.	15	107	104	111	100	90	62	12	574	601
Макс.	24,8	144	135	147	127	109	79	21	—	633
Мин.	3	76	77	80	73	71	48	4	—	501
1998–2015 гг.										
Средн.	16,4	79,6	98,9	97,7	97,5	93,7	66,0	13,6	533	563
Макс.	58	105	132	121	127	117	77,5	23,4	592	631
Мин.	0	58,9	74	77,5	74,4	72	47	0	488	507

На всю орошаемую площадь требовалось почти 600 млн м³, или 0,6 км³, воды. При этом безвозвратные потери за поливной сезон составляли 240 млн м³.

Таблица 1.14. Мелиоративный фонд и использование воды на орошение в бассейне озера в разные годы

Характеристика	1970–1980 гг.	1995 г.	2012 г.
Площади под рис, тыс. га	53,1	12,4	24,73
Площади под овощные культуры, тыс. га	11,5	—	—
Суммарная длина оросительных каналов, км	3489		
Суммарная длина сбросных каналов, км	3600		
Площадь водного зеркала каналов, км ²	28,3		
Построено водохранилищ, шт.	36		
Суммарная площадь водохранилищ, км ²	8,5		
Общий объем водохранилищ, млн м ³	24,2		
Потребление воды, млн м ³	600	—	256,48
Безвозвратные потери, млн м ³	240	—	103,0

Ранее выполненные нами исследования [1–3] показали, что за период май–октябрь удельные потери воды за счет испарения с поверхности каналов и водохранилищ составляли от 0,1 до 0,2 млн м³ на 1 км² площади зеркала. Общие потери на испарение колебались от 3 до 8% объема водохранилища. В бассейнах рек, где доминирующим видом хозяйственной деятельности являлось орошаемое земледелие, наметилась тенденция в сторону уменьшения стока.

Переброска стока в оз. Ханка была произведена только на территории КНР в 1936 г. из р. Мулинхэ [6]. Из других литературных источников, например из [4, 13], явствует, что действительно воды р. Мулинхэ текут в сторону р. Уссури не непосредственно (как раньше), а через систему «канал–Малая Ханка–Ханка–Сунгача». В статье [4] прямо указывается, что наиболее крупными реками, впадающими в Ханку, являются Мулинхэ, Бэйпаоцзы, Спасовка, Илистая, Мельгуновка и Комиссаровка.

Водообмен между озерами Ханка и Малая Ханка осуществлялся либо подземным путем, либо путем переливов воды через пониженные места в косе в периоды высокого стояния уровня в одном из них, либо через постоянно действующую естественную или искусственно созданную промоину в западной части косы, впоследствии (еще до 1970 г.) облагороженную в регулируемый канал шириной 6 м. Анализ спутниковых снимков показал, что в 1975 г. в центральной части косы было построено еще одно регулируемое водопропускное сооружение шириной 100 м, а в 2000 г. в восточной части перешейка возведено третье регулируемое водопропускное сооружение шириной 125 м (рис. 1.4).

По спутниковым снимкам можно приближенно определить, что отсеченная водораспределителем нижняя часть реки составляет более 1/3 всей реки. Таким образом, водосборная площадь Малой Ханки (соответственно, и самого оз. Ханка) увеличилась на 15 тыс. км², т.е. в общем для оз. Ханка составила 31,89 тыс. км² (увеличение в 1,7 раза). Это первая и основная причина нарушения водного баланса оз. Ханка.

Вторая причина заключается в ограниченности пропускной способности вытекающей из озера р. Сунгача. Во-первых, в истоке реки находится песчаная отмель (бар), весьма неустойчивая и подверженная деформациям. Во-вторых, бассейн реки расположен в пределах обширной заболоченной Приханкайской низменности. Долина реки нечётко выражена в рельефе местности. Русло извилистое с широкой

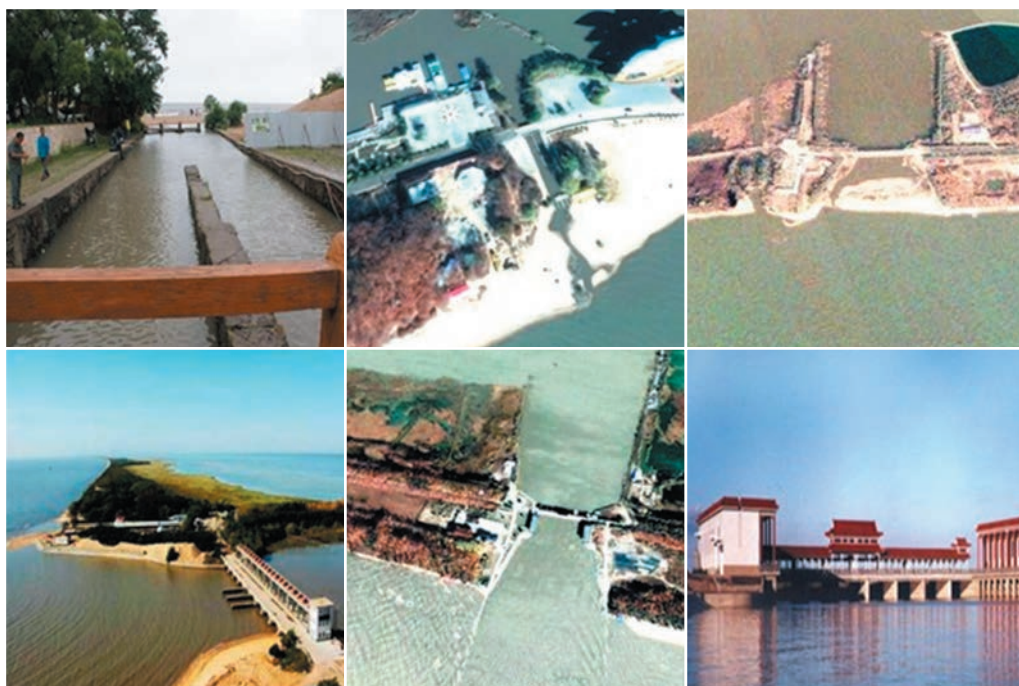


Рис. 1.4. Пропускные сооружения в теле перемычки между оз. Ханка и оз. Малая Ханка (слева направо: западное ГТС (спутниковый снимок 29.10.2012 г.) центральное ГТС (13.11.2013 г.) и восточное ГТС (15.10.2013 г.)

двухсторонней поймой. Ширина поймы изменяется от 1,5 до 4 км. Ширина пояса меандрирования реки 0,2–0,5 км. Глубина реки в среднем 2–4 м, максимальная – 9,6 м. Скорость течения изменяется по длине реки от 0,6 до 0,3 м/с при общем уклоне 0,02–0,04‰. Отметка дна в истоке реки в месте расположения бара довольно высока. Это затрудняет сброс воды из озера, особенно в зимнее время, когда исток забивается льдом, а на самой реке образуется ледостав при толщине льда до 1 м. Кроме того, в р. Сунгача десятками ирригационных каналов со стороны КНР сбрасывается с оросительных систем большое количество воды, что также в отдельные периоды создает подпор и ухудшает пропускную способность реки.

Расчеты показывают, что уклон водной поверхности р. Сунгача в значительной степени зависит от наполнения русла р. Уссури, что обуславливает подпорные явления на Сунгаче при высоких паводках на Уссури.

Планомерные действия КНР, направленные на увеличение водообмена между озерами, скорее всего, были связаны с желанием перебросить большую часть стока р. Мулинхэ в Малую Ханку с целью: осушения заболоченной территории низовья р. Мулинхэ до Уссури для последующего ее освоения, использования этой воды для орошаемого земледелия в бассейне оз. Малая Ханка. Для этой цели ими и был создан современный водохозяйственный комплекс.

На спутниковых снимках 2012 г. (рис. 1.5) место отвода воды из р. Мулинхэ и сам канал хорошо видны. Длина канала 30 км, ширина 60 м, отметка рельефа у входной части канала 87 м абс., у выходной части – 76 м абс. Уклон канала порядка 0,3‰. При этом ширина р. Мулинхэ ниже вододелителя порядка 20 м. На некоторых спутниковых снимках эта река ниже вододелителя еле заметна, а на схемах представлена пунктирной линией, что указывает на временный характер ее действия (при такой огромной площади – 15 тыс. км²).



Рис. 1.5. Спутниковый снимок водораздельного узла на р. Мулинхэ (2012 г.)



Рис. 1.6. Спутниковый снимок системы «Мулинхэ–канал–Малая Ханка–Ханка» во время паводка 08.09.2015 г.

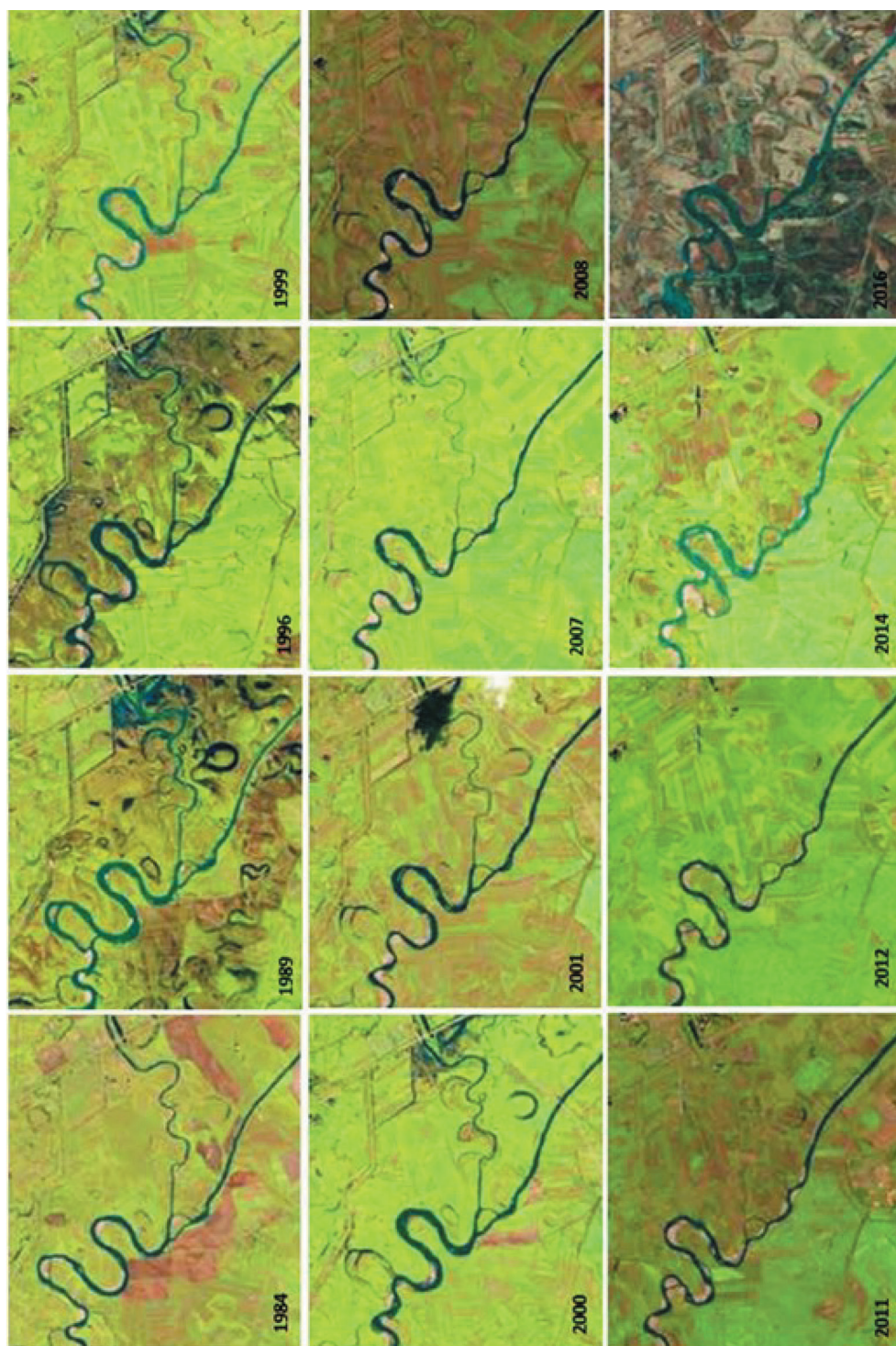


Рис. 1.7. Динамика отсечения нижней части р. Мулинхэ

Рисунок 1.6 иллюстрирует факт наличия перехвата каналом всего стока р. Мулинхэ в период паводка в сентябре 2015 г. (та же картина наблюдалась в паводок 2013 г.), а рис. 1.7 — постепенное «исчезновение» стока после вододелителя в нижней части р. Мулинхэ.

Результаты сравнения динамики элементов баланса за последние 10 лет и предыдущие десятилетия показали, что при относительном равенстве в эти периоды средних осадков на озеро, испарения и оттока воды из озера наблюдается постоянный рост уровня озера и, соответственно, его объема. К настоящему времени уровень в озере повысился по отношению к среднемноголетнему более чем на 1,5 м, а объем озера — почти на 7 км³. Причина — переброска стока р. Мулинхэ в оз. Малая Ханка.

Из изложенного следует, что нет оснований ожидать падения уровня оз. Ханка в ближайшие годы, если ничего не предпринимать. При этом последствия штормовых нагонов, разрушающих берега и подтапливающих населенные пункты, будут усугублять ситуацию. Этому также способствует денивеляция (или перекося уровня поверхности воды озера), обусловленная сгонно-нагонными явлениями под действием ветра или сейшми. Высота нагона при ветре свыше 20 м/с может достигать 1,5 м и более. Не исключено также некоторое изменение морфометрических характеристик озера за счет изменения во времени седиментационного баланса озера, в первую очередь из-за абразии берегов.

Для прогноза среднегодового уровня на 2016 г. нами получено уравнение множественной корреляции между средним уровнем в году и двумя переменными (осадки на озеро и уровень в озере на начало года) вида:

$$H_{\text{ср}} = 0,12 * X + 1,02 * H_{1.01} - 69,32. \quad (1.2)$$

Выполненные расчеты по данному уравнению показывают, что при любых годовых осадках в 2016 г. уровень озера повысится. Величина этого повышения (табл. 1.15) будет зависеть от водности года (точнее от уровня превышения осадков на озеро относительно нормы).

Все вышеперечисленное уже привело к подтоплению огромных прибрежных территорий, в том числе рисоводческих совхозов: Новосельское, Сиваковская, Новодевичанская, Владимиро-Петровская, защитные сооружения которых от подтопления были рассчитаны на 10%-ную обеспеченность, при этом значительная часть их находится в аварийном состоянии.

При существующей ограниченной пропускной способности р. Сунгача и сбросах воды р. Мулинхэ в оз. Малая Ханка ожидать в ближайшие годы улучшения ситуации бессмысленно, ситуация в ближайшие несколько лет будет только

Таблица 1.15. Прогнозные уровни в оз. Ханка на 2016 г.

Осадки на озеро, мм	Уровень на 1.01.2016 г., см	Средний уровень в 2016 г., см	Превышение над средним уровнем 2015 г., см
450	428	421	5
600	428	439	23
750	428	457	41

ухудшаться. Следует отметить, что переброска стока р. Мулинхэ в Малую Ханку может обернуться негативными явлениями и для КНР в части подтопления их территории.

С нашей точки зрения необходимо срочно:

- начать диалог с правительством КНР о пересмотре режима переброски стока р. Мулинхэ. Основой охраны и рационального использования водных ресурсов оз. Ханка должна стать разработанная и согласованная межгосударственная стратегия экологически адаптированного управления водно-ресурсным потенциалом данного трансграничного водного объекта между КНР и Российской Федерацией;

- выполнить на российской части бассейна инвентаризацию и приступить к реконструкции существующих защитных сооружений на 1%-ный расчетный уровень оз. Ханка.

Другие наши предложения, также озвученные нами на конференции в БПИ ДВО РАН 28–30.04.2016 г.:

- проработать вопрос относительно проектирования и строительства дополнительных вдольбереговых и вдоль русловых (для пойменных территорий) защитных дамб;

- досконально проработать проект водосбросного канала параллельно р. Сунгача на предмет его эффективности – также являются первостепенными.

Литература

1. Бортин Н.Н., Матвеева Ф.И. Влияние хозяйственной деятельности на водные ресурсы рек юга Дальнего Востока // Совершенствование мелиорации земель: тез. докл. Всесоюз. науч.-техн. совещ. Хабаровск, 1986. С. 37–39.
2. Бортин Н.Н., Глубоков В.Н., Матвеева Ф.И. Состояние и преобразование водных ресурсов Дальнего Востока под влиянием хозяйственной деятельности // Повышение эффективности мелиорации и водного хозяйства на Дальнем Востоке. Итоги и перспективы исследований: тезисы докл. IV зональной науч.-техн. конф. Уссурийск, 1987. Ч. 1, кн. 4. С. 18–21.
3. Бортин Н.Н. Гидрологические аспекты оценки влияния мелиорации на элементы водного баланса и речной сток в условиях юга Дальнего Востока // Гидрологическое обоснование водохозяйственных мероприятий: тр. V Всесоюз. гидрол. съезда. Л.: Гидрометеиздат, 1990. Т. 4. С. 600–606.
4. Ван Фэнкунь, Фэн Шанчжу, Юй Веньтао. История и перспективы развития международного заповедника «Озеро Ханка» // Труды Второй международной научно-практической конференции «Проблемы сохранения водно-болотных угодий международного значения: озеро Ханка». 10–11 июня 2006 г., г. Спасск-Дальний. Россия.
5. Васильковский М.Г. Гидрологический режим оз. Ханка. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 173 с.
6. Глубоков В.Н. Не надо сваливать на погоду // Дальневосточный ученый. 2000. № 18 (1171). С. 3.
7. Государственный водный кадастр. Многолетние данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши. Т. 1. РСФСР. Вып. 21. Бассейн Усури и рек Японского моря. Л.: Гидрометеиздат, 1986.
8. Дробышева И. Приморье просит помощи в спасении оз. Ханка // Российская газета. 2015. 5 ноября.
9. Журавлев Ю.Н., Клышевская С.В. Проблемы регулирования уровня воды в бассейне оз. Ханка (Приморский край) // Вестник ДВО РАН. 2015. № 5. С. 40–52.
10. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1–6, вып. 26. Приморский край. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 416 с.
11. Озеро Ханка. Режим доступа: ru.wikipedia.org/wiki/Ханка.
12. Проблемы рисосеяния российского Дальнего Востока. Владивосток: ДальНИИГиМ, 1999. 192 с.
13. Современная социально-экономическая характеристика бассейна оз. Ханка: региональный доклад. UNEP. ДВО РАН ТИГ. Владивосток, 1999. 100 с.

АНОМАЛИИ В РАЙОНЕ ОЗЕРА ХАНКА, НА ДАЛЬНЕМ ВОСТОКЕ И В СИБИРИ КАК СЛЕДСТВИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКОГО РЕЖИМА В АТР НА РУБЕЖЕ XX–XXI ВЕКОВ

Многолетние колебания с периодом 50–70 лет и незначительным изменением фазы в пространстве являются характерными в глобальной климатической системе [13]. Особенности колебаний подобного масштаба были обнаружены при анализе различных метеорологических и океанографических характеристик в северной части Тихого океана [8, 12], в Арктике [4, 7], Северной Атлантике [10] и других районах нашей планеты. Хорошо известны также и наиболее выраженные в Азиатско-Тихоокеанском регионе климатические колебания с периодами 20–30 лет, называемые междекадными, фазы которых могут быть противоположными в различных районах земного шара [14]. Переходные периоды между положительной и отрицательной фазами многолетних колебаний обычно характеризуются очень быстрым изменением параметров системы океан–атмосфера [13]. Короткий переходный период между сменой фазы климатического колебания часто называется сдвигом климатического режима, что произошло в конце 70-х годов XX в. в северной части Тихого океана [15] и Северной Атлантике [2].

Следующий сдвиг климатического режима в первое десятилетие XXI в. выявлен при анализе фазовых траекторий разностей между значениями ТПО, приземного атмосферного давления в районах Азорского антициклона и Исландской депрессии в Северной Атлантике [2]. Аналогичный сдвиг климатического состояния выявлен при анализе фазовых траекторий двух главных компонент разложения ТПО (с 1951 по 2002 г.) на эмпирические ортогональные функции в северной части Тихого океана в [9]. В работе [6] выполнены оценки изменения климатического режима на рубеже XX–XXI столетий на основе анализа полей приземного атмосферного давления (SLP) и результирующего потока тепла Q (с 1948 по 2014 г.) на поверхности суши в умеренных широтах Азии, а также на границе раздела океан–атмосфера в Тихом и Индийском океанах. Показана связь крупномасштабных изменений этих характеристик системы континент–океан–атмосфера с аномалиями в бассейнах водосбора оз. Байкал и Ангарского каскада ГЭС, экстремальным падением уровня Байкала в 2015 г. [6].

Противоположная по знаку экстремальная аномалия – подъем уровня оз. Ханка, расположенного на юге Приморского края, катастрофический разлив этого трансграничного озера наблюдались в конце августа–сентябре 2015 г. Это событие продолжалось и в 2016 г. Экстремальное наводнение на р. Амур в 2013 г. [5], на реках Приморского края в 2012 г. [3], а также в конце августа 2016 г. свидетельствует о существенных региональных климатических изменениях на Дальнем Востоке. Цель нашей работы – показать связь экстремальных наводнений на оз. Ханка, р. Амур и реках Приморского края в начале XXI века с изменением климатического режима в Азии, Тихом и Индийском океанах.

Изменение планетарного климатического режима на рубеже XX–XXI веков и его проявление на юге Сибири и Дальнем Востоке России. Сдвиг климатического режима в АТР на рубеже XX–XXI веков и особенности современного климатического режима

начала XXI столетия в планетарном масштабе определялись на основе применения метода фазовых траекторий и кластерного анализа с учетом разложения на эмпирические ортогональные функции и выделения главных компонент. В отличие от работы [6] наряду с глобальными полями SLP и результирующего потока тепла Q использовались сеточные средние месячные, сезонные и годовые поля приземной температуры воздуха, влагосодержания атмосферы и осадков из архива данных метеорологического реанализа NCEP с разрешением $2.5 \times 2.5^\circ$, а также сеточного архива атмосферных осадков над сушей с разрешением $1 \times 1^\circ$, подготовленного непосредственно на основе данных наблюдений на метеорологических станциях.

На рис. 1.8 показаны выделенные районы Азии умеренных широт (1), южной части Индийского океана (6) и ключевых районов Тихого океана, расположенных в различных широтных зонах. Районы океана выделены на основе статистического анализа. Учитывались результаты оценок значимых статистических связей между климатическими аномалиями на юге Сибири, в Японском и Охотском морях с аномалиями ТПО и потоков тепла в океане, а также результаты кластерного анализа временных рядов ТПО с учетом их разложения на главные компоненты (ЕОФ анализ).

Выполнялось усреднение средних сезонных характеристик приземного атмосферного давления и потоков тепла на поверхности суши или океана в пределах выделенных областей. Эти области, за исключением района Эль Ниньо (NINO 3–4), имеют примерно одинаковые площади.

Далее строились фазовые траектории разностей потоков тепла Q , а также SLP, приземной температуры воздуха (SAT) и влагосодержания атмосферы между их значениями в зимний или летний сезоны Северного полушария в выделенных областях. На рис. 1.9 показаны фазовые траектории разностей между Q в умерен-

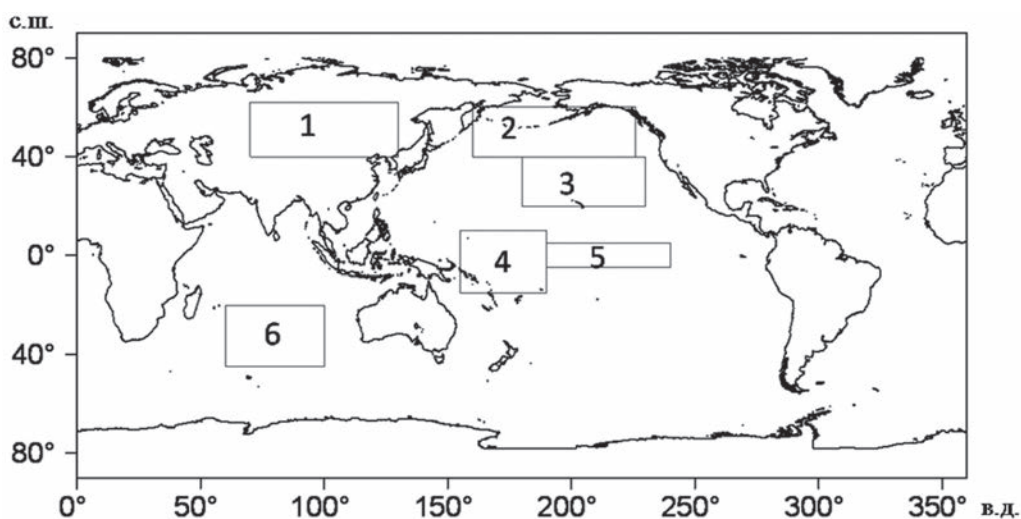


Рис. 1.8. Схема расположения районов осреднения: 1 — зона умеренных широт Азии; 2 — субарктическая зона ТПО; 3 — восточная субтропическая зона ТПО; 4 — западная экваториальная зона ТПО; 5 — район Эль Ниньо (NINO 3–4); 6 — южная зона Индийского океана

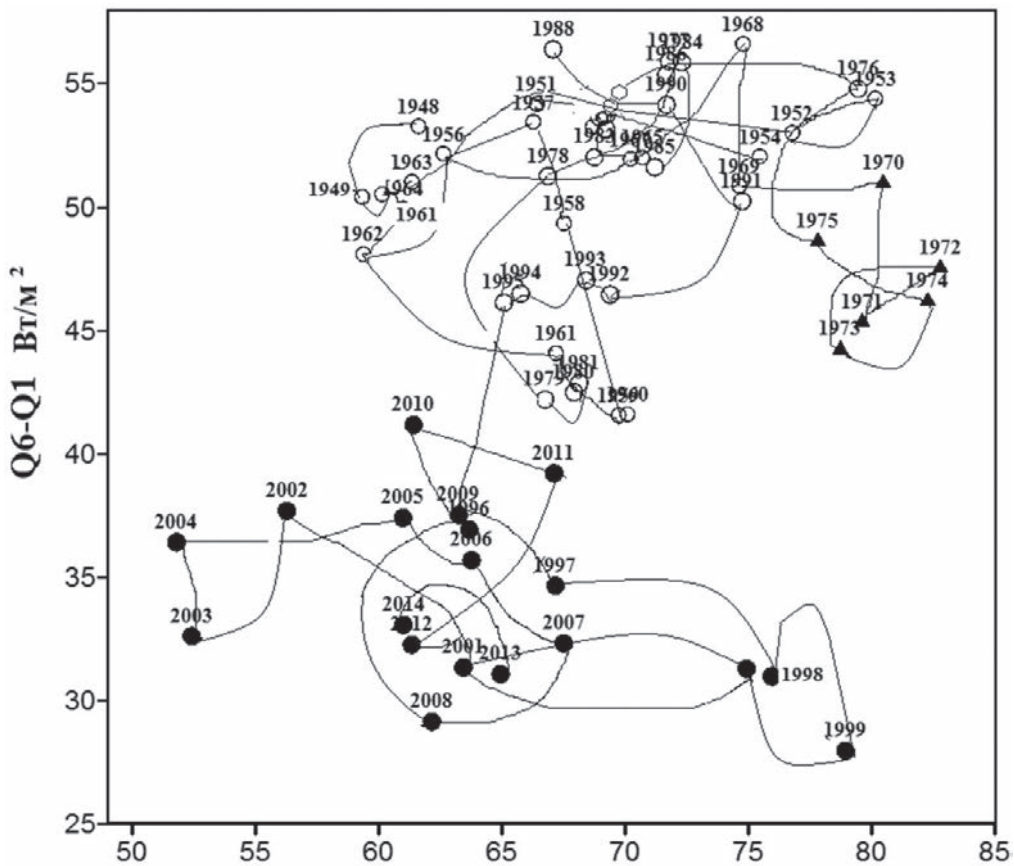


Рис. 1.9. Фазовые траектории разностей результирующего потока тепла (Q , Вт/м²) между значениями $Q1$ в умеренных широтах Азии (район 1) и $Q2$ в субарктической зоне Тихого океана (район 2) на оси X и между $Q6$ в южной части Индийского океана (район 6) и $Q2$ в субарктической зоне Тихого океана (район 2) на оси Y , для зимнего гидрологического сезона (январь–март). Районы 1–6 показаны на рис. 1.8

ных широтах Азии (районе 1) и в субарктике Тихого океана (районе 2) на оси X и разностей между Q в южной части Индийского океана (районе 6) и в умеренных широтах Азии (районе 1) на оси Y . Временные ряды в данном случае, как правило, сглаживались трехлетним скользящим фильтром. Тем не менее аналогичные оценки с использованием несглаженных рядов не имели принципиальных отличий от приведенных в данной работе.

Видно, что значительный сдвиг приведенных значений разностей потоков тепла произошел от 1995 к 1996 г. и множество значений с 1996 по 2014 г. отделено от всего множества значений в предшествующие годы. Существенно уменьшается главным образом величина разности между поступлением тепла в южной части Индийского океана в летний сезон Южного полушария и теплоотдачей в атмосферу в умеренных широтах Азии в зимний сезон Северного полушария. Кроме того, после 1999 г. (особенно по отношению к значениям в первой половине 1970-х годов) заметно

уменьшается разность между зимним поступлением тепла в атмосферу от океана в тихоокеанской субарктике и от поверхности суши в умеренных широтах Азии.

Современный климатический режим, как и предшествующий, как правило, выделяется в фазовых траекториях любых двух переменных, в частности построенных в плоскости Q2–Q6, т.е. в плоскости величин результирующего потока тепла в тихоокеанской субарктике Q2 (ось X), направленного из океана в атмосферу зимой Северного полушария (знак минус) и на юге Индийского океана Q6 (ось Y), направленного от поверхности океана в его нижележащие слои (знак плюс) летом Южного полушария (рис. 1.10). В целом после 1995 г. в большинстве районов Тихого и Индийского океанов, за исключением района Эль Ниньо (NINO 3–4, рис. 1.8), происходит уменьшение абсолютных величин потоков тепла на поверхности океана и суши после их роста в предшествующий климатический режим – в период с 1976 по 1995 г.

Отмеченное уменьшение преимущественно зональных градиентов результирующего потока тепла на поверхности океана сопровождается уменьшением

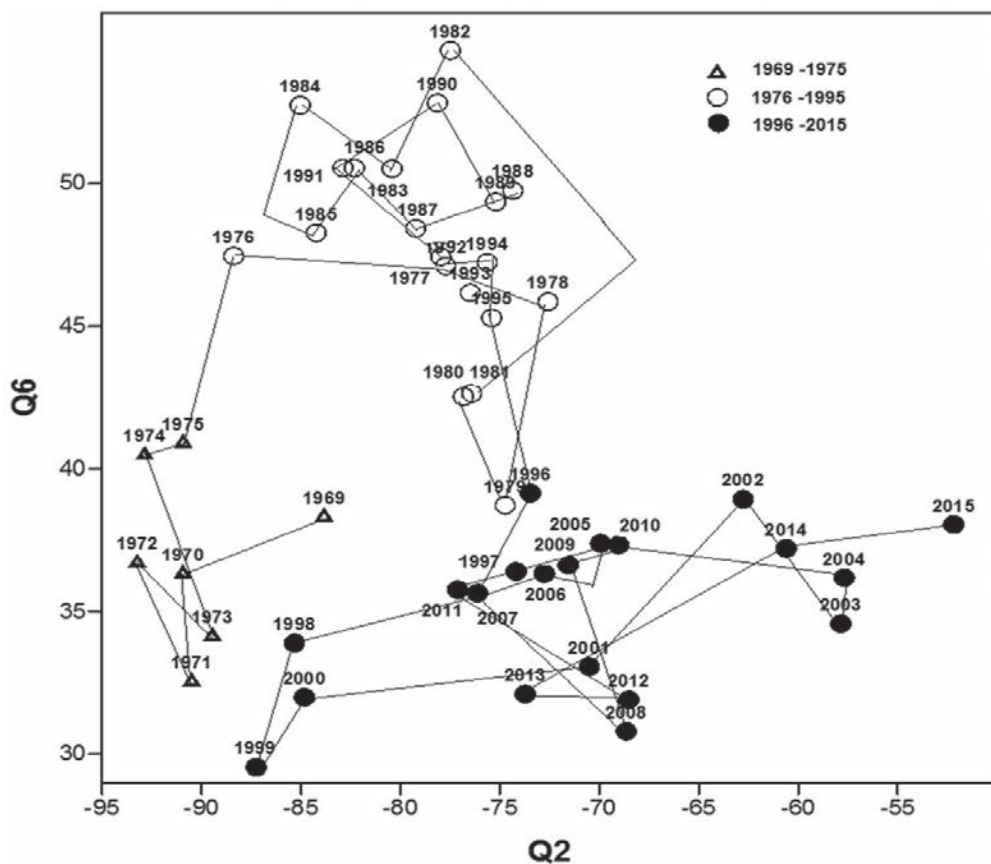


Рис. 1.10. Фазовые траектории в плоскости Q2, Q6 результирующих потоков тепла (Q , Вт/м²) в субарктической зоне Тихого океана (Q2, район 2, ось X) и в южной части Индийского океана (Q6, район 6, ось Y) для зимнего гидрологического сезона (январь–март)

зонального градиента приземной температуры воздуха (рис. 1.11 – в летний сезон) между всей субарктической зоной Тихого океана и его тропической частью, расположенной западнее района классического Эль Ниньо (NINO 3–4).

Современный климатический режим выделяется и при объединении множества временных рядов различных характеристик системы океан–атмосфера в выделенных крупномасштабных областях с последующим разложением этого множества на главные компоненты. Приложение метода разложения на главные компоненты к 12 временным рядам, включающим ряды результирующего потока тепла Q и влагосодержания атмосферы (Total Water Content, TWC) в районах 1–6, показано на рис. 1.12. Хорошо видно закономерное изменение фазовых траекторий со временем в пространстве PC1, PC2, соответствующее полученным в предшествующей работе [6] представлениям об изменениях климатического режима АТР как в середине 70-х годов XX столетия, так и на рубеже XX–XXI вв.

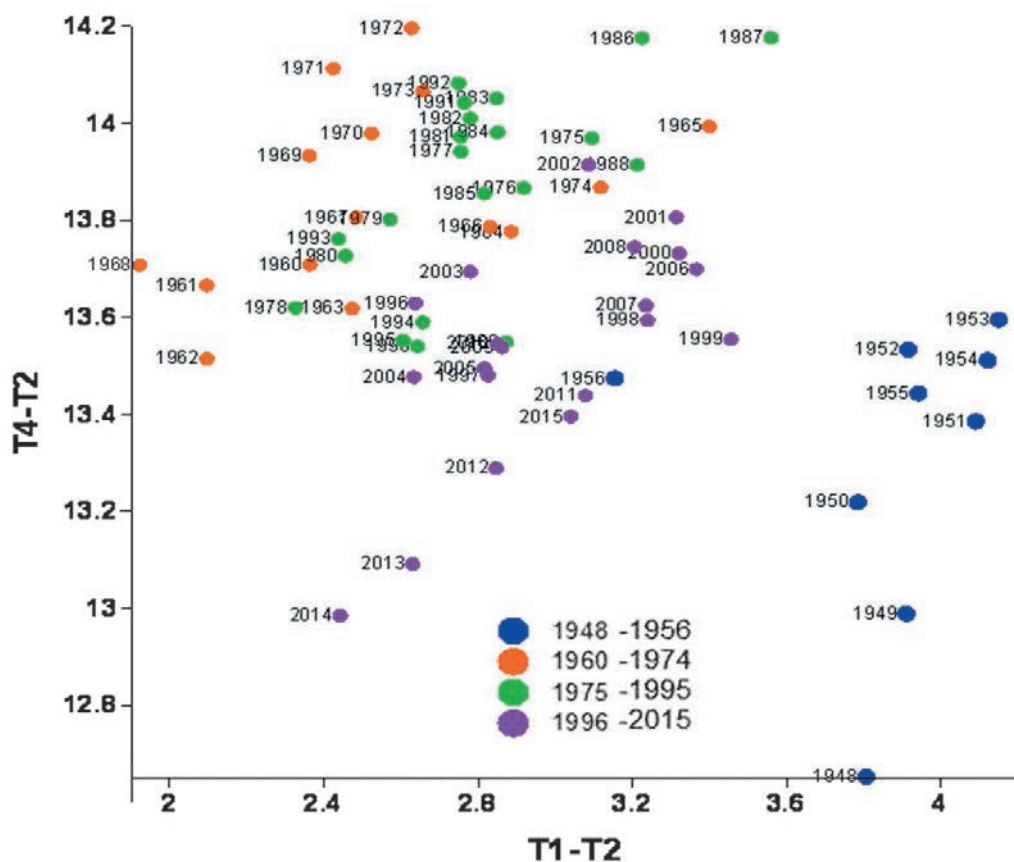


Рис. 1.11. Фазовые траектории разностей приземной температуры воздуха (T , °C) между ее значениями в умеренных широтах Азии (T_1 , район 1) и в субарктической зоне Тихого океана (T_2 , район 2) на оси X и между T_4 в западной тропической части Тихого океана (район 4) и T_2 в субарктической зоне Тихого океана (район 2) на оси Y для летнего гидрологического сезона.

Районы 1–6 показаны на рис. 1.8

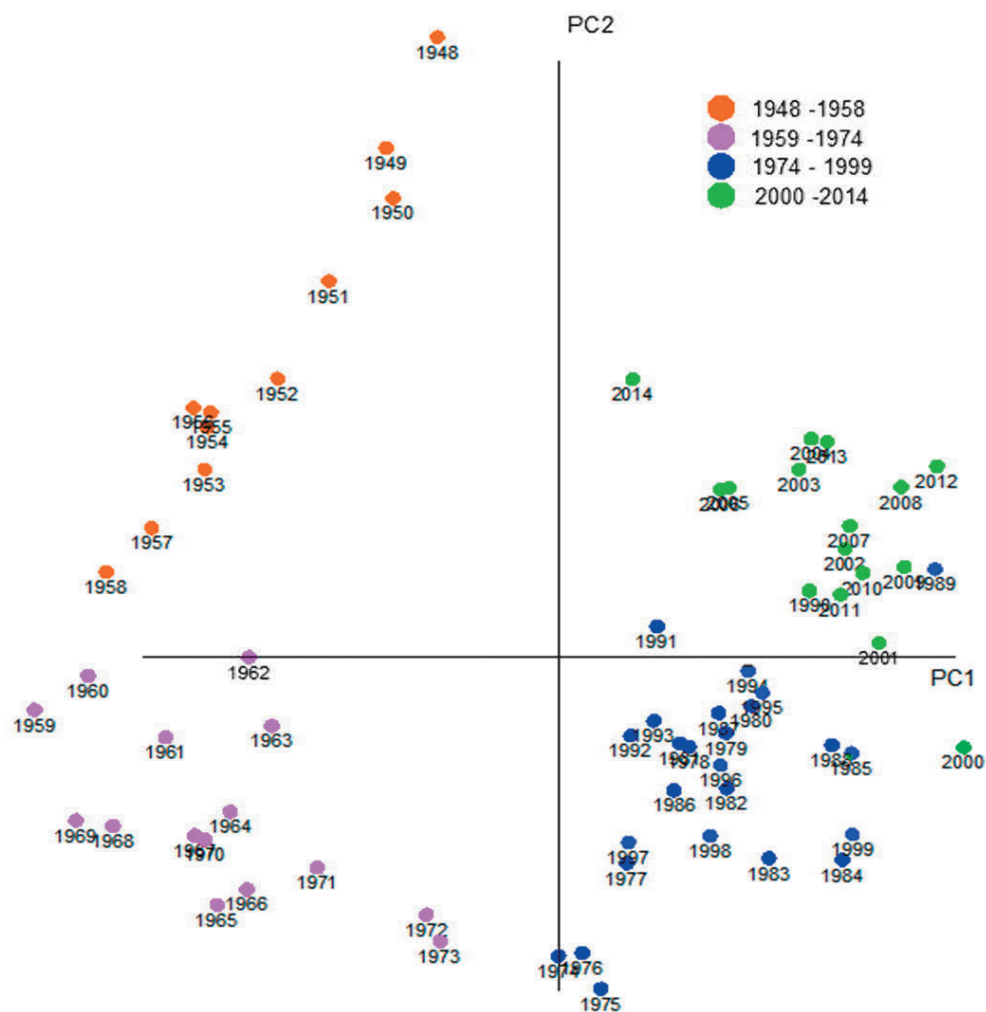


Рис. 1.12. Фазовые траектории двух сглаженных трехлетним скользящим фильтром главных компонент PC1, PC2 разложения на ЭОФ 12 временных рядов средних годовых значений результирующего потока тепла (Q) и влагосодержания атмосферы (TWC) во всех шести выделенных на рис. 1.8 районах. Цветом показаны четыре многолетних периода, соответствующих различным климатическим режимам. Три первые временные моды разложения PC1, PC2, PC2 включают 38%, 24% и 15% дисперсии соответственно

Фазовые траектории, приведенные на рис. 1.10–1.12 для различных характеристик системы океан–атмосфера, подтверждают правомерность вывода о сдвиге климатического режима на рубеже XX–XXI вв., полученного в работе [6] при анализе разностей Q и SLP (рис. 1.9) в выделенных районах (рис. 1.8). При переходе от предшествующего (1975–1999) к современному климатическому режиму начала XXI в. уменьшаются меридиональные градиенты потока тепла на поверхности океана и влагосодержания атмосферы, ТПО и приземной температуры воздуха в Тихом и Индийском океанах. Этот процесс сопровождается увеличением мери-

дионального переноса тепла как в атмосфере за счет усиления циклогенеза, так и в океане в районах западной интенсификации течений.

На рис. 1.13 показаны характерные отличия средних полей приземного атмосферного давления (гПа) в современный (1996–2015 г.) климатический режим от полей SLP в предшествующий климатический режим (1971–1991 г.) в гидрологический зимний (а, январь–март) и летний (б, июль–сентябрь) сезоны.

Характерными особенностями современного климатического режима конца XX–начала XXI столетия являются рост приземного атмосферного давления, наибольший в зимний сезон (рис. 1.13, а), в центральных внетропических районах Тихого океана и на юге Индийского океана. Увеличение приземного атмосферного давления, наиболее выраженное в летний сезон (рис. 1.13, б), отмечается в континентальных районах Азии, в том числе в Монголии и на юге Сибири, в Забайкальском крае, Иркутской области, в бассейнах водосбора оз. Байкал, Братского и Иркутского водохранилищ, где наблюдается летнее потепление и дефицит осадков с 1996–1998 гг. по настоящее время (рис. 1.14, 1.15). Полученный в нашей работе климатический сдвиг и начало нового климатического режима осадков на юге Сибири и в Монголии в точности соответствует ранее выделенному многолетнему маловодному периоду (1996–2011 г.) в бассейне водосбора трансграничной р. Селенга, обеспечивающей 50% стока в оз. Байкал [1].

Противоположные по знаку многолетние аномалии – падение приземного атмосферного давления – наблюдаются в Юго-Восточной Азии, окраинных районах Индийского и Тихого океанов, в Восточной Арктике, Южном океане и прибрежных районах Антарктиды, где эта аномалия в разной степени проявляется в течение всего года. В тропических и умеренных широтах она наиболее выражена в зимний гидрологический сезон Северного полушария (рис. 1.13).

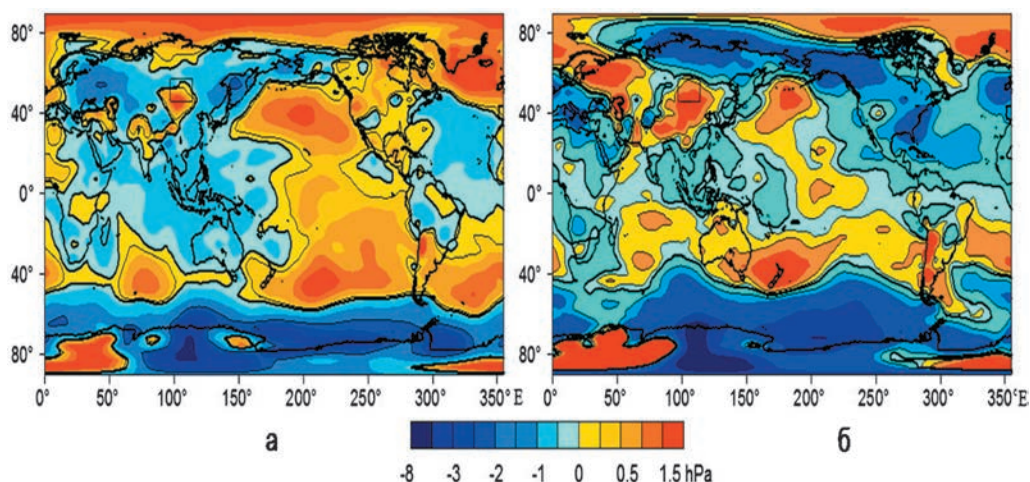


Рис. 1.13. Разность между глобальными полями приземного атмосферного давления (гПа), усредненными за многолетние периоды современного (1996–2015 гг.) и предшествующего (1971–1991 гг.) климатических режимов в гидрологический зимний (а, январь–март) и летний (б, июль–сентябрь) сезоны

В восточных арктических морях, арктических районах Азии, в большинстве районов Южного океана и побережья Антарктиды существенное падение атмосферного давления наиболее выражено в летний сезон Северного полушария (рис. 1.13, б). Рост атмосферного давления у берегов Антарктиды отмечается только в районах, расположенных на траверзе Американского и Африканского континентов. В соответствии с аномалиями приземного атмосферного давления увеличилась повторяемость экстремально мощных тайфунов в юго-западной тихоокеанской окраинной зоне, а также сильных циклонов, штормов и атмосферных осадков в северо-западной части Тихого океана, дальневосточных морях и прилегающих районах суши, в том числе на юге Приморского края в бассейне водосбора оз. Ханка (рис. 1.14, 1.16, 1.17).

В противоположность Байкальскому региону в бассейне оз. Ханка и реках Приморья на рубеже XX–XXI вв. наступил полноводный период с экстремальными наводнениями, достигшими и катастрофического уровня в 2015–2016 г., что можно считать региональным проявлением сдвига климатического режима в северо-западной части Тихого океана и прилегающем районе Азии умеренных широт. Многолетнее накопление избытка атмосферных осадков (рис. 1.17, б, в) в грунтовых водах и подземных резервуарах равнинных и горных районов на юге Дальнего Востока привели к повышению уровня грунтовых вод и пресыщению

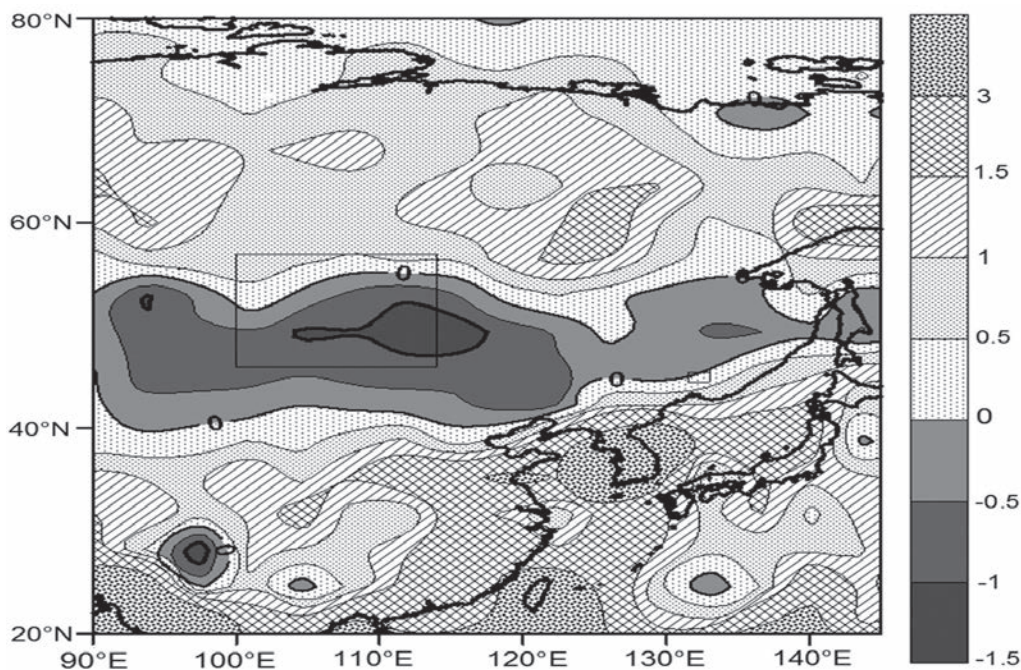


Рис. 1.14. Разность между средними полями атмосферных осадков (мм/мес) в текущий (1998–2015 гг.) и предшествующий (1979–1995 гг.) климатические режимы для календарного лета (июнь–август) по данным метеорологического реанализа NCEP. Темной тональной заливкой отмечены области дефицита осадков, штриховками — области увеличения осадков

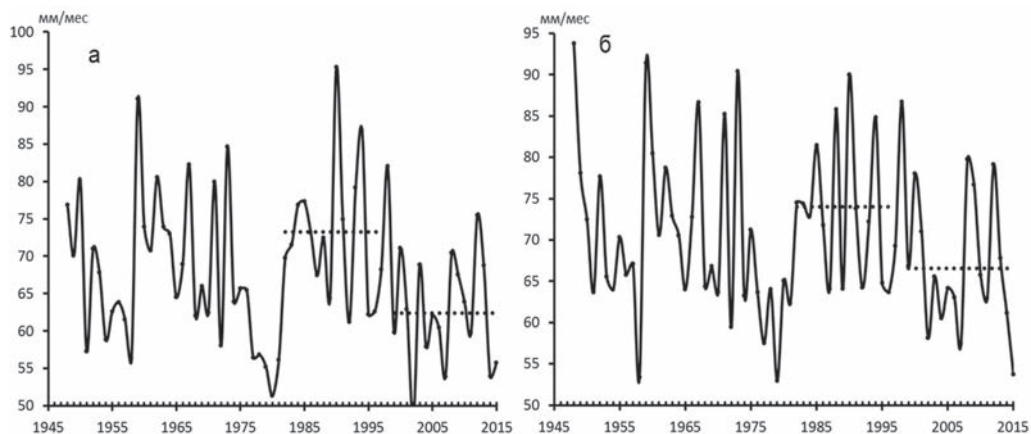


Рис. 1.15. Временные ряды (1948–2015 гг.) месячных сумм осадков (мм/мес), осредненных с апреля по июнь (а) и с июня по август (б) в крупномасштабной области (46–57° с.ш., 97–114° в.д.), включающей бассейны водосбора оз. Байкал, Иркутского и Братского водохранилищ Ангарского каскада ГЭС

подземных источников воды, питающих горные реки. Соответственно, под влиянием тайфуна Гони, обрушившегося на юг Приморского края в конце августа 2015 г., и залпового выпадения экстремального количества осадков над Пограничным хребтом (рис. 1.17, а) произошло экстремальное увеличение расхода рек Комиссаровка, Мельгуновка и Илистая, впадающих в оз. Ханка.

Кроме того, положительная аномалия осадков как в августе 2015 г. (рис. 1.16, а), так и с января по август 2015 г. (рис. 1.16, б, 1.18) наблюдалась практически во всех бассейнах водосбора рек юга Дальнего Востока, в том числе в бассейне китайской р. Мулинхэ, р. Сунгача, вытекающей из оз. Ханка, р. Уссури, впадающей в Амур. За период с января по август 2015 г. в бассейне р. Амур также отмечается поло-

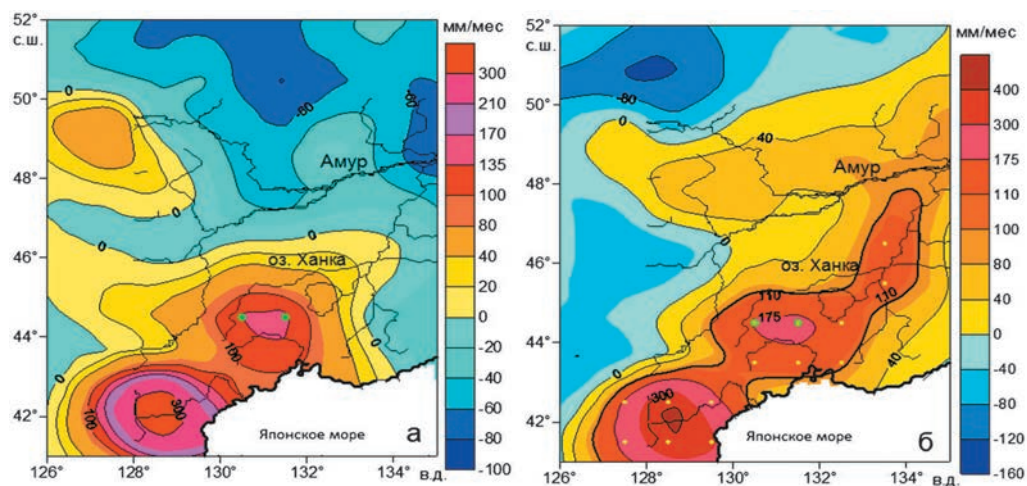


Рис. 1.16. Аномалии месячных сумм осадков в августе (а) 2015 г. и средних с января по август (б) в мм/мес в бассейнах водосбора оз. Ханка, рек Мулинхэ, Уссури и Амура

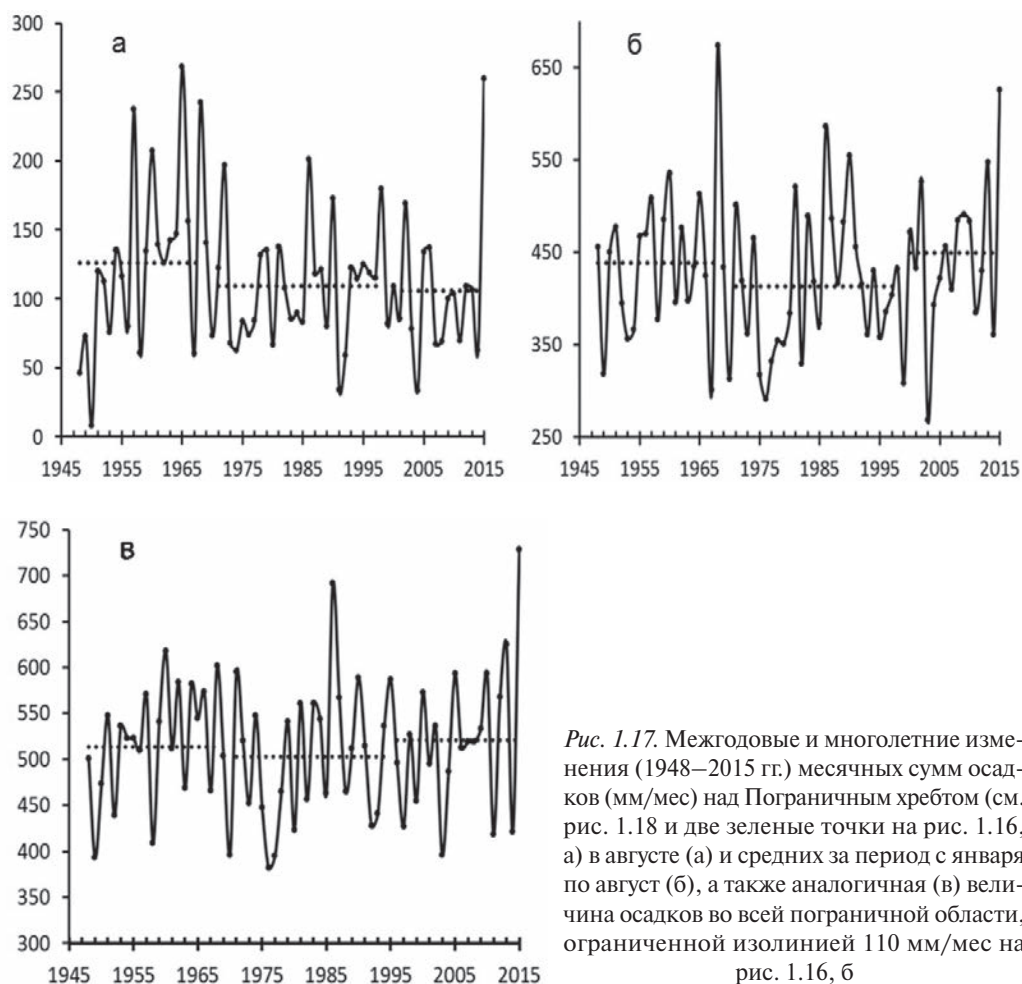


Рис. 1.17. Межгодовые и многолетние изменения (1948–2015 гг.) месячных сумм осадков (мм/мес) над Пограничным хребтом (см. рис. 1.18 и две зеленые точки на рис. 1.16, а) в августе (а) и средних за период с января по август (б), а также аналогичная (в) величина осадков во всей пограничной области, ограниченной изолинией 110 мм/мес на рис. 1.16, б

жительная аномалия осадков (рис. 1.16, б). Избыток осадков как на многолетнем масштабе, так и в 2015 г. является основной причиной разлива оз. Ханка.

Канал между р. Мулинхэ и Малой Ханкой на китайской территории, как и заиливание русла р. Сунгача, вытекающей из оз. Ханка, играют роль положительной обратной связи. Эти факторы привели к поступлению дополнительного объема воды. Таким образом, все перечисленные факторы в совокупности обуславливали экстремальный разлив оз. Ханка и затопление прибрежных территорий. В последующий холодный период 2015/16 г. положительная аномалия осадков привела в экстремальном паводку на р. Илистая, питающейся водой как с Пограничного хребта, так и с Сихотэ-Алиня, в результате чего увеличилось поступление воды в оз. Ханка.

Последующие экстремальные события на реках Приморского края в августе 2016 г. являются естественным следствием изменения климатического режима на рубеже XX–XXI вв., когда территории влажного муссонного климата становятся еще более влажными, а территории с дефицитом осадков становятся еще более

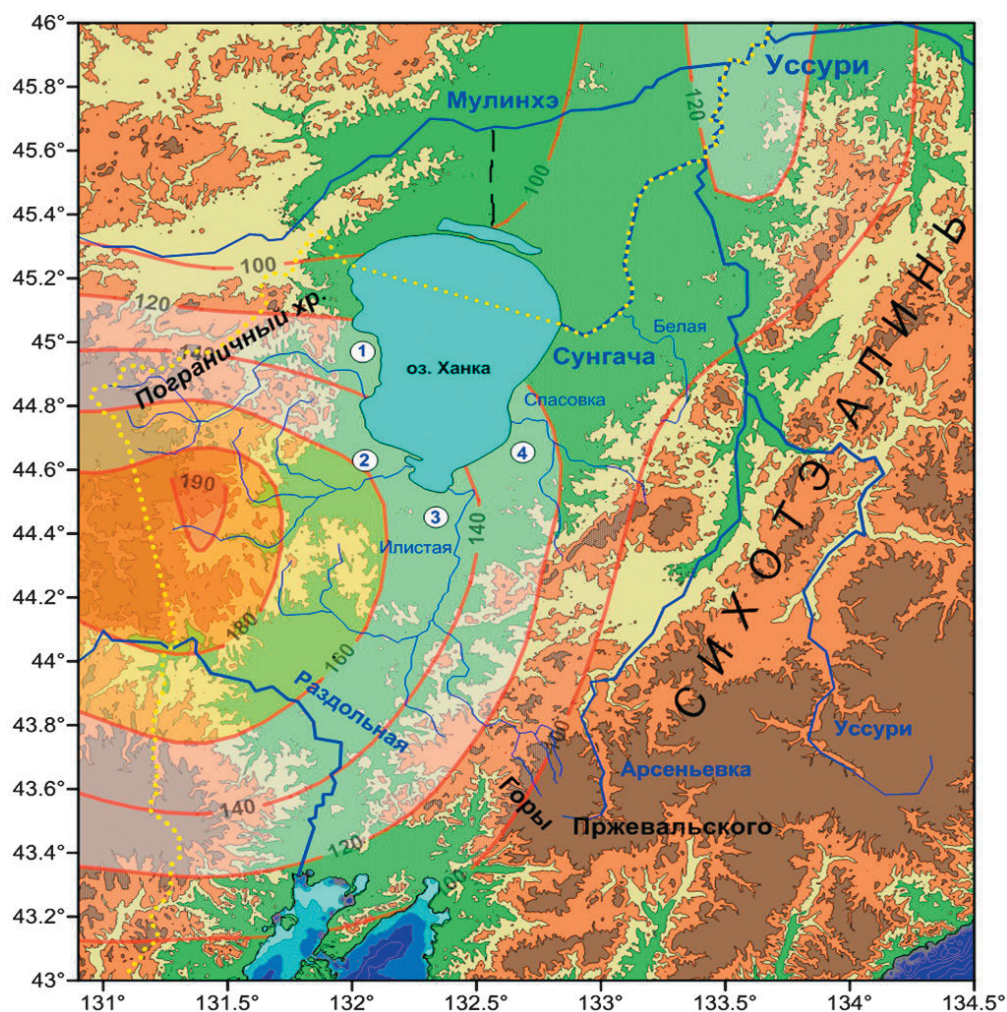


Рис. 1.18. Рельеф суши, реки и аномалии средних за период с января по август 2015 г. месячных сумм атмосферных осадков на юге Приморского края с изолиниями от 100 до 190 мм/мес. Жёлтой заливкой выделен максимум осадков над Пограничным хребтом в бассейне водосбора оз. Ханка. Пунктирной желтой линией показана граница с Китаем, а штриховой черной линией – канал, соединяющий китайскую р. Мулинхэ и Малую Ханку, отделенную косой от основной части озера. Цифрами 1–4 отмечены основные реки, впадающие в озеро: Комиссаровка (1), Мельгуновка (2), Илистая (3) и Спасовка (4)

сухими. Соответственно, уменьшаются осадки в районе пустыни Гоби, в бассейне р. Селенга как на территории Монголии, так и Бурятии, в результате чего падает уровень оз. Байкал.

На юге Дальнего Востока России, как и во всей окраинной зоне северо-западной части Тихого океана, увеличивается количество осадков во все сезоны года в результате усиления циклонической активности в целом и тропических циклонов, траектории которых пересекают районы Приморского края. Как накопительный

эффект многолетнего увеличения осадков, так и интенсивные тропические циклоны вызвали экстремальные паводки и разлив оз. Ханка в конце августа 2015 г. и последующие сезоны 2015–2016 гг. Соответственно, антропогенные эффекты влияния канала между р. Мулинхэ и оз. Малая Ханка, а также заилиение русла р. Сунгача, вытекающей из оз. Ханка, являются положительной обратной связью влияния увеличения осадков, приводящей к усилению разлива озера. Катастрофический паводок и наводнение на реках Приморья в августе 2016 г. также являются следствием изменения климатического режима и усиления тропических циклонов, обрушивающихся на Приморский край, прилегающие районы суши и моря.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 15-05-03805 и программы Дальний Восток 15-И-1-0470. Часть исследований, касающаяся многолетнего увеличения воздействия интенсивных циклонов и обильных осадков в Японском море, выполнена в рамках проекта № 16-17-10025 Российского научного фонда, поскольку именно эти процессы, наблюдаемые в 2015–2016 гг., обуславливают существенное изменение структуры вод и циркуляции в северо-западной части моря.

Литература

1. Бережных Т.В., Марченко О.Ю., Абасов Н.В., Мордвинов В.И. Изменение летней циркуляции атмосферы над восточной Азией и формирование длительных маловодных периодов в бассейне реки Селенга // География и природные ресурсы. 2012. № 3. С. 61–68.
2. Бышев В.И., Нейман В.Г., Романов Ю.А., Серых И.В. О фазовой изменчивости некоторых характеристик современного климата в регионе Северной Атлантики // ДАН. 2011. Т. 438, № 6. С. 817–822.
3. Гарцман Б.И., Мезенцева Л.И., Меновщикова Т.С. и др. Условия формирования экстремально высокой водности рек Приморья в осенне-зимний период 2012 года // Метеорология и гидрология. 2014. № 4. С. 77–92.
4. Гудкович З.М., Карклин В.П., Ковалев Е.Г., Смоляницкий В.М., Фролов И.Е. Изменения морского ледяного покрова и других составляющих климатической системы в Арктике и Антарктике в связи с эволюцией полярных вихрей // Проблемы Арктики и Антарктики. 2008. № 1 (78). С. 48–58.
5. Мезенцева Л.И., Соколов О.В., Друзь Н.И. Атмосферная циркуляция над Дальним Востоком в 2013 г. при экстремальном наводнении в бассейне Амура // Известия ТИНРО. 2015. Т. 180. С. 261–272.
6. Пономарев В.И., Дмитриева Е.В., Шкорба С.П. Особенности климатических режимов в северной части Азиатско-Тихоокеанского региона // Системы контроля окружающей среды. Севастополь: ИПТС. 2015. Вып. 1 (21). С. 67–72.
7. Фролов И.Е., Гудкович З.М., Карклин В.П., Смоляницкий В.М. 60-летняя цикличность в изменениях климата полярных регионов // Материалы гляциологических исследований. 2008. Т. 105. С. 158–165.
8. An S.I. A mechanism for the multi-decadal climate oscillation in the North Pacific // Theor. Appl. Climatol. 2008. Vol. 91 (1–4). P. 77–84.
9. Bond N., Overland J., Spillane M., Stabeno P. Recent shifts in the state of the North Pacific // Geophys. Res. Lett. 2003. Vol. 30(23). P. 2183–2186.
10. Chylek P., Folland Ch.K., Lesins G., Dubey M.K., Wang M. Arctic air temperature change amplification and the Atlantic Multidecadal Oscillation // Geoph. Res. Lett. 2009. Vol. 36, L 14801.
11. Jo H.-S., Yeh S.-W., Kim C.-H. A possible mechanism for the North Pacific regime shift in winter of 1998/1999 // Geophys. Res. Lett. 2013. Vol. 40. P. 4380–4385.
12. Minobe S. A 50–70 year climatic oscillation over the North Pacific and North America // Geoph. Res. Lett. 1997. Vol. 24. P. 683–686.
13. Schlesinger M.E., Ramankutty N. An oscillation in the global climate system of period 65–70 years // Nature. 1994. Vol. 367. P. 723–726.
14. Shkorba S., Ponomarev P., Dmitrieva E. Linkages of climatic anomalies in Arctic, Asian Pacific and Indo-Pacific regions // Proceedings of Joint Science and Education Conference: Arctic Dialogue in the Global World. Ulan-Ude: Buryat State University Published Department. June 16–17, 2015. P. 122–125.
15. Wu L., Lee D., Liu Zh. The 1976/77 North Pacific Climate Regime Shift: The Role of Subtropical Ocean Adjustment and Coupled Ocean-Atmosphere Feedbacks // J. Climate. 2005. Vol. 1. P. 5125–5240.

РАЗВИТИЕ ОЗЕРА ХАНКА В ГОЛОЦЕНЕ

Озеро Ханка является крупнейшим пресноводным водоемом юга Дальнего Востока. Долгое время вопрос о времени возникновения озера оставался дискуссионным. По мнению одних исследователей [2, 8], оз. Ханка существует с миоцена, других — с конца позднего плейстоцена [3, 4, 9]. Также имеется две точки зрения о возрасте береговых валов на восточном и западном побережьях озера, сложенных хорошо сортированными средне- и мелкозернистыми песками от светло-желтого до желто-серого цвета. Согласно первой [9], формирование эоловых и озерно-эоловых аккумулятивных форм сопоставляется с ранне-среднеголоценовой, второй — позднеголоценовой регрессией оз. Ханка [5]. На южном побережье озера валы начали формироваться, скорее всего, не более 50–70 лет назад, во время подъема уровня озера в 1930–1950 гг. [3]. Полученные новые материалы из отложений, слагающих береговые формы, позволяет предположить, что озеро в современном виде с характерными морфологическими элементами (валами, лагунами, косами и т.д.) начало формироваться во второй половине среднего голоцена [10].

Реконструкция эволюции оз. Ханка основана на анализе материалов, полученных самими авторами, а также с привлечением опубликованных материалов других исследователей (рис. 1.19).

Материалами для реконструкции послужили отложения, слагающие береговые формы и поймы рек, впадающих в оз. Ханка, а также озерные осадки. Реконструкция обстановок осадконакопления выполнена по данным палинологического и диатомового анализов. Возраст отложений контролировался радиоуглеродными датами, калиброванными по программе CALPAL_A [12].

В голоцене оз. Ханка испытало несколько гидрологических фаз, связанных с колебаниями климата и изменением вследствие этого режима аккумуляции. Максимальный подъем уровня оз. Ханка сопоставляется с интервалом 8,5–11 тыс. л. н. (рис. 1.20). В этот период водоем имел площадь в 1,5–2 раза больше современной, с интенсивным заболачиванием обрамления, включая малые речные долины [5].

В период 3,2–8 тыс. л. н. озеро находилось в регрессивной фазе, которая сопровождалась почти полным исчезновением водоема. В колонке озерных осадков, взятой в наиболее глубокой части озера, вскрыт двухслойный разрез. В основании колонки залегают тонкогоризонтальнослоистые алевриты с прослоями глин, в которых сохранилась малакофауна. Спорово-пыльцевые спектры соответствуют изменениям климата в конце позднеледниковья. Из верхней части разреза получены спорово-пыльцевые спектры, типичные для позднего голоцена (субатлантическая фаза). Контакт между этими двумя разновозрастными пачками озерных отложений представлен слоем алевритов со смешанным спорово-пыльцевым комплексом, в котором наблюдаются формы, типичные как для позднего плейстоцена, так и позднего голоцена. Таким образом, в осадках озера установлен хорошо выраженный стратиграфический перерыв, связанный с обмелением или даже полным исчезновением озера около 8 тыс. л. н. Регрессия продолжалась до 3,2 тыс. л. н.



Рис. 1.19. Карта оз. Ханка. Условные обозначения: разрезы: 1 – колонка озерных осадков [5]; 2 – шурф «Коса-2» [7]; 3 – разрез пойменных отложений р. Мельгуновка; 4 – разрез в подошве берегового вала в приустьевой зоне р. Комиссаровка [1, 11]; 5 – разрез пойменных отложений р. Комиссаровка

Начало среднего голоцена характеризовалось пониженной влагообеспеченностью с нестабильной динамикой увлаженности с трендом на ее уменьшение. Понижение увлаженности усиливало эрозионный врез в долинах рек, увеличивало площадь песчаных отмелей и кос, способствовало осушению в речных долинах. Регрессия была связана с усилением эрозионных процессов в речных долинах. Снижение уровня озера сопровождалось осушением прилегающих равнинных территорий [5]. Подтверждением регрессии озера около 8 тыс. л. н. являются новые материалы, полученные из разреза пойменных отложений р. Мельгуновка (рис. 1.19). Разрез зачищен в обнажении левобережной высокой пойменной террасы высотой около 2 м над урезом воды. Мощность разреза 108 см. Осадки представлены горизонтами песка и суглинка (сверху вниз, см):

песок мелкозернистый желтоватый	0–2
суглинок опесчаненный гумусированный темно-коричневый	2–12

песок суглинистый темно-желтый с остатками корней растений.....	12–28
песок мелкозернистый желтый с остатками корней растений.....	28–41
суглинок опесчаненный гумусированный коричневый.....	41–48
песок мелкозернистый влажный темно-желтый.....	48–56
суглинок гумусированный темно-коричневый.....	56–66
песок мелкозернистый влажный темно-желтый.....	66–70
суглинок опесчаненный гумусированный коричневый с сизоватым оттенком.....	70–100
песок мелкозернистый влажный темно-желтый.....	100–106
суглинок гумусированный темно-коричневый.....	106–108
песок мелкозернистый влажный с дрсвой.....	108 и ниже

Границы между горизонтами в разрезе прослеживаются относительно четко.

В подошве пойменных отложений вскрыт горизонт аллювиального мелкозернистого влажного песка с дрсвой. Выше — переслаивание гумусированных суглинков с горизонтами песка. Горизонт гумусированного суглинка с сизоватым оттенком формировался на пойме в период усиления эрозионных процессов в русле. Из него получена радиоуглеродная дата 7920 ± 135 л. н. (СОАН-9012). Его перекрывает горизонт мелкозернистого песка, который имеет эоловую природу. Источником песка были песчаные отмели и косы, образовавшиеся при врезании русла реки, понижении базиса эрозии. В этот период русла рек Приханкайской равнины претерпевали значительную деформацию с формированием многочисленных меандр.

После среднеголоценовой регрессии (3,2–8 тыс. л. н.) первая трансгрессия оз. Ханка происходила во второй половине среднего голоцена (2800–3200 л. н.). Эта трансгрессия была быстрой и привела к заболачиванию территорий, обрамляющих озеро, и возникновению озер-стариц. Уровень воды в озере был на 1,5–2,0 м выше современного. В это же время отмечается увеличение высоты уровня аккумуляции

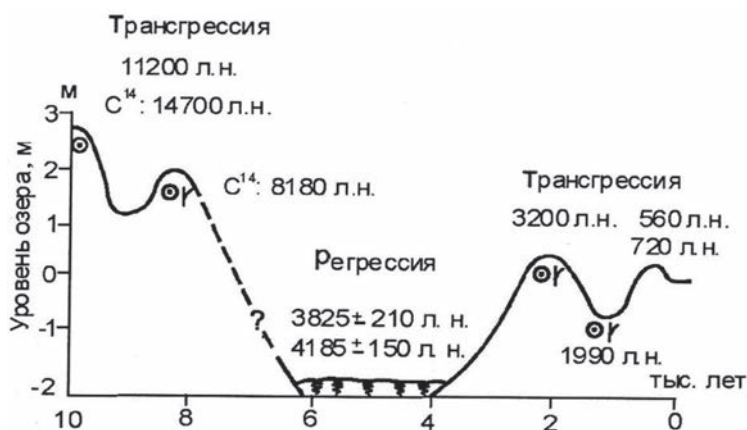


Рис. 1.20. Кривая колебаний уровня оз. Ханка в голоцене [5]

в нижнем течении рек Ханкайского водосбора, которое привело к резкому расширению площади затопления в долинах рек и образованию высокой поймы [5]. Тогда же формировалась молодая озерная терраса высотой 2 м над современным уровнем оз. Ханка. Смена доминант в комплексах диатомей и изменения в спорово-пыльцевых спектрах, полученных из отложений этой террасы, позволяют реконструировать изменение климата и температуры воды в озере в этот период. В нижней пачке отложений террасы доминируют виды диатомей, обитающие в водоемах с температурой воды 6–9 °С. Состав комплекса диатомей позволяет говорить о существовании умеренно холодного озера со слабым поступлением в него проточных вод. О прохладных климатических условиях этого периода свидетельствуют и диатомовые комплексы. В средней пачке отложений доминируют виды, имеющие широкое распространение в долинных водоемах с температурой воды 6–15 °С. Появление в кровле этой пачки обилия бентосных форм связано, скорее всего, с началом понижения уровня озера. Состав диатомей свидетельствует о существовании умеренно прохладного эвтрофного озера со слабо заболоченным побережьем и незначительным поступлением проточных вод. Состав спорово-пыльцевых комплексов характеризует умеренно теплый климат с меньшей увлажненностью. В верхней пачке осадков доминируют виды диатомей, обитающие в заболоченных условиях. Это указывает на понижение уровня озера и заболачивание прибрежной зоны озера. Спорово-пыльцевые спектры отличаются повышенным содержанием пыльцы трав и кустарничков. Эта озерная терраса, сформировавшаяся во второй половине суббореальной фазы голоцена (2,5–3,5 тыс. л. н.), фиксирует уровень озера почти на 2,0 м выше современного [5].

Согласно опубликованным материалам [7], первая позднеголоценовая малоамплитудная регрессия озера произошла в V–VI вв. н. э. Это подтверждено формированием слоя болотных почв, перекрывающих озерные глины, в разрезе «Коса-2» на южном побережье озера (рис. 1.19). Регрессия привела к обмелению прибрежных мелководий, это обусловило быстрое выдвигание речных дельт в акваторию озера. К данному отрезку времени относится и соединение острова Сопка Лузанова с берегом Ханки. Эта фаза продолжалась не более 200 лет [7].

Последующая малоамплитудная трансгрессия, запечатленная в маломощном слое голубовато-серых озерных глин и осадках берегового вала на западном побережье озера, произошла в VII–VIII вв. н. э. (начало малого оптимума голоцена) [7].

Подтверждением этой трансгрессии является образование вала на западном побережье озера, в устье р. Комиссаровка (рис. 1.19). В подошве вала, окаймляющего прибрежную пляжевую зону, был зачищен разрез. Высота вала около 2 м над урезом воды. Расстояние между валом и урезом воды около 80–90 м. Поверхность вала занята древесными видами ивы. Описание разреза дано ниже (сверху вниз, м):

песок светло-серого цвета сухой мелкозернистый гумусированный, с начальной стадией почвообразования, гумусово-аккумулятивный горизонт [A1]	0,00–0,07
песок светло-желтого цвета сухой мелкозернистый, промежуточный горизонт	0,07–0,12

почва опесчаненная коричневого цвета сухая, гумусово-аккумулятивный горизонт $A_{\text{погр.}}^1$	0,12–0,32
песок светло-серый сухой слабогумусированный, горизонт [АС]	0,32–0,42
песок светло-желтого цвета сухой мелко- и среднезернистый, горизонт [С]	0,42–0,70
песок желтого цвета влажный средне- и крупнозернистый, горизонт [Д]	0,70–1,00

Горизонт [Д] сложен песком озерного происхождения, а горизонт [С] – песком озерно-эолового происхождения.

Анализ полученных спорово-пыльцевых спектров и радиоуглеродных дат позволяет предположить, что во время малого оптимума голоцена оз. Ханка находилось в трансгрессивной фазе. Его уровень был выше современного примерно на 1 м. Начало формирования вала относится к VIII–X вв. н. э., т.е. его возраст предположительно около 1000 лет (малый оптимум голоцена).

В приустьевой зоне р. Комиссаровка изучен разрез пойменных отложений (рис. 1.19). Осадки представлены почвой, аллювиальными песками и суглинками (сверху вниз, см):

почва коричневая с корнями растений, контакт с нижележащим слоем неровный	0–4
почва темно-коричневая с корнями растений и пятнами ожелезнения, контакт неровный	4–16
почва коричневатая суглинистая, контакт ровный четкий	16–22
суглинок легкий коричневато-палевый с ожелезнением, контакт неровный	22–76
суглинок с мелкозернистым песком и мелким гравием, контакт ровный, четкий	76–86
песок мелко- и среднезернистый темно-марганцового цвета, контакт ровный, четкий	86–98
суглинок с мелкозернистым песком, влажный, контакт ровный, четкий	98–102
песок среднезернистый с сизовато-марганцовым оттенком, контакт ровный, четкий	102–134
песок с почвенным мелкоземом, контакт неровный	134–144
суглинок с мелкозернистым песком	144 и ниже

В подошве разреза (инт. 144 см и ниже) лежит горизонт опесчаненного суглинка.

Вероятнее всего, этот осадок имеет озерный генезис. Его формирование можно отнести к раннему голоцену (до 8 тыс. л. н.). В это время оз. Ханка находилось на конечном этапе трансгрессивной фазы. Его уровень был на 1,5–2,5 м выше современного [5]. Дельта реки затоплялась озерными водами. Перекрывающий суглинок горизонт песка с почвенным мелкоземом (инт. 134–144 см) поступал на пойму во время паводков.

Вышележащий горизонт среднезернистого песка сизовато-марганцового цвета (инт. 102–134 см) имеет, скорее всего, озерно-эоловое происхождение. Его накопление происходило во время регрессии озера, которая началась 8,5–8,2 тыс. л. н. и закончилась 3,2–2,8 тыс. л. н. Согласно данным [5, 6], во время регрессии озера развитие эоловых процессов определялось расширением площади озерной террасы, сложенной песками и алевритами, и формированием раннеголоценовых песчаных дельт. На акватории современного озера против устьев рек Мельгуновка и Комиссаровка на глубинах 3–4 м были вскрыты плохо и умеренно сортированные глинистые пески с гравием и галькой, сходные с аллювием вышеуказанных рек. По своим литологическим характеристикам эти осадки, вероятно, являются дельтами, образовавшимися в период регрессии озера. Время формирования эоловых аккумулятивных форм, развитых на Приханкайской равнине, сопоставляется с ранне-среднеголоценовой регрессией оз. Ханка, которой отвечает крупный перерыв в осадочном ритме голоцена [5]. В настоящее время крупные поля песков с содержанием песчаной фракции до 70% наблюдаются вблизи дельт рек Мельгуновка и Комиссаровка. Зона с максимальным содержанием песчаной фракции (до 90%) совпадает с дельтами этих рек, возникших в раннем голоцене [6].

Горизонт легкого суглинка (инт. 22–76 см) имеет аллювиальное происхождение, является следствием повышения уровня аккумуляции в русле и сопоставляется со средневековой трансгрессией озера. Спорово-пыльцевые комплексы характеризуются единичными зернами разнообразных термофилов. Возраст горизонта подтвержден калиброванной радиоуглеродной датой 1058 ± 63 , СОАН-9018 (малый оптимум голоцена, X–XI вв. н. э.).

С наступлением последующего похолодания началась вторая позднеголоценовая регрессия озера. Интенсивный эоловый процесс способствовал переносу песка с осушенных участков литорали на поверхность вышеописанного вала. Обстановка на поверхности вала стабилизировалась, и здесь начала появляться ивняковая поросль с травянистым покровом, в котором доминировали полыни (индикаторы сухости климата). Появление растительности на вале способствовало формированию гумусово-аккумулятивного горизонта $A_{\text{погр.}}^1$. Из подошвы горизонта получена радиоуглеродная дата 545 ± 50 л. н., СОАН-5892 (календарный возраст 1369 ± 46 гг. или XIV–XV вв. н. э.), а из кровли – 290 ± 50 ^{14}C л. н., СОАН-5891 (1577 ± 63 гг. или XVI–XVII вв. н. э.). То есть возраст этого горизонта совпадает с малым ледниковым периодом. В разрезе пойменных отложений р. Мельгуновка это событие отражено горизонтом опесчаненного гумусированного суглинка, формирование которого началось 1536 ± 68 гг. н. э. (XV–XVI вв.). Вторая малоамплитудная регрессивная фаза позднего голоцена имела место в условиях холодного и сухого климата в начале малого ледникового периода (XIII–XIV вв.). Климатические условия были значительно суровее, чем в V–VI вв. н. э. [7].

В XV в. произошел незначительный кратковременный подъем уровня озера. Последняя регрессия озера отмечается в финальную фазу малого ледникового периода. Она отражена горизонтом глинистого торфа в разрезе «Коса-2» на южном побережье озера [7].

Последняя трансгрессия началась в первой половине XIX в. С ней связано формирование на западном побережье озера в приустьевой зоне р. Комиссаровка молодого берегового вала высотой около 0,5 м. Он простирается параллельно вышеописанному валу возрастом около 1000 лет. Расстояние между валами составляет около 30–40 м.

Таким образом, во второй половине голоцена оз. Ханка испытало не менее трех регрессивных фаз продолжительностью несколько сотен лет (3,2–8 тыс. л. н., V–VI вв. н. э., XIV–начало XIX в. н. э.) и три трансгрессии (2,8–3,2 тыс. л. н., VII–VIII вв. н. э., XV в. н. э.). В настоящее время озеро развивается в трансгрессивной фазе. Максимальный подъем уровня оз. Ханка сопоставляется с интервалом 8,5–11 тыс. л. н. [5].

Все регрессивные фазы развития озера сопряжены с похолоданиями, а трансгрессивные фазы – с потеплениями климата.

В режиме голоценового осадконакопления в поймах рек бассейна оз. Ханка наблюдается определенная периодичность, сопоставимая с трансгрессивными и регрессивными фазами озера. Теплым климатическим фазам соответствует повышение базиса эрозии, подъем уровня воды в реках, увеличение площади заболоченности в долинах, а холодным фазам – обмеление рек, усиление эрозионных врезов и эоловых процессов в прибрежной зоне озера и речных долинах. Позднеголоценовые озерные трансгрессии привели к возникновению огромных болот по восточному, западному и северному обрамлению озера.

Литература

1. Базарова В.Б., Мохова Л.М., Орлова Л.А., Белянин П.С. Динамика изменения уровня оз. Ханка (Приморье) в позднем голоцене // Тихоокеанская геология. 2008. Т. 27, № 3. С. 93–98.
2. Берсенов И.И., Морозова В.Ф., Салун С.А. Новые данные по стратиграфии аллювиальных, озерно-аллювиальных и озерных четвертичных отложений Приморья и Среднего Приамурья // Советская геология. 1962. № 9. С. 78–86.
3. Короткий А.М., Караулова Л.П., Ромашкова Н.И. Озерные трансгрессии и режим позднекайнозойского осадконакопления в Уссури-Ханкайской депрессии // Геолого-геоморфологические конформные комплексы Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1980а. С. 162–181.
4. Короткий А.М., Караулова Л.П., Троицкая Т.С. Четвертичные отложения Приморья. Стратиграфия и палеогеография. Новосибирск: Наука, 1980б. 232 с.
5. Короткий А.М., Гребенникова Т.А., Караулова Л.П., Белянина Н.И. Озерные трансгрессии в позднекайнозойской Уссури-Ханкайской депрессии (Приморье) // Тихоокеанская геология. 2007. Т. 26, № 4. С. 53–68.
6. Литология и геохимия современных озерных отложений гумидной зоны. М.: Наука, 1979. 124 с.
7. Микишин Ю.А., Петренко Т.И., Попов А.Н. и др. Палеогеография озера Ханка в позднем голоцене // Научное обозрение. 2007. № 2. С. 7–13.
8. Никольская В.В. Некоторые данные о палеогеографии оз. Ханка // Труды Института географии АН СССР. 1952. Вып. 56, Т. 6. С. 215–225.
9. Павлюткин Б.И. Четвертичные отложения юго-восточной части Уссури-Ханкайской депрессии и признаки плейстоценовых трансгрессий озера Ханка // Развитие природной среды в плейстоцене (юг Дальнего Востока). Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981. С. 40–50.
10. Павлюткин Б.И., Ханчук А.И. Новые данные о возрасте озера Ханка, Дальний Восток России // ДАН. 2002. Т. 382, № 6. С. 826–828.
11. Bazarova V.B., Mokhova L.M., Orlova L.A., Belyanin P.S. Variation of the Lake Khanka Level in the Late Holocene, Primorye // Russian Journal of Pacific geology. 2008. Vol. 2, No. 3. P. 82–86.
12. Wéninger B., Juris O., Danzeglocke U. Cologne radiocarbon calibration and paleoclimate research package. CALPAL_A (Advanced) in the Ghost of Edinburgh Edition, 2002. Universal zu Kuln, Institut für Ur- und Frühgeschichte, Radiocarbon Laboratory. Weyertal 125, D-50923.Kuln, 2005. URL: <http://www/calpal-online.de/cgi-bin/quickcal.pl>

ПАЛЕОРАСТИТЕЛЬНОСТЬ АККУМУЛЯТИВНЫХ РАВНИН ОЗЕРА ХАНКА В ПОЗДНЕМ НЕОПЛЕЙСТОЦЕНЕ-ГОЛОЦЕНЕ

Приханкайская равнина — крупнейшая аккумулятивная равнина Приморья, издавна привлекающая к себе множество исследователей. Значительный вклад в исследования структуры, эволюции ее палеоландшафтов внесли А.М. Короткий и др. [5, 6], Ю.К. Ивашинников [3], М.В. Муратова и З.В. Алешинская и др. [7], В.В. Никольская [8]; Б.И. Павлюткин и А.И. Ханчук [9, 10]. В работах перечисленных авторов изложены материалы по стратиграфии четвертичных отложений и истории развития Приханкайской впадины в квартере. В последнее время получены данные, дополняющие представления об эволюции природной среды этой территории. Целью настоящей работы является реконструкция палеорастительности позднего неоплейстоцена-голоцена (МИС 5–1) Приханкайской равнины по палинологическим данным.

Результаты изучения четвертичных отложений озерных скважин 77 и 579, вскрывших донные отложения оз. Ханка (рис. 1.21), в сопоставлении с данными



Рис. 1.21. Карта-схема расположения буровых скважин.

1 — скважины, изученные авторами, 2 — скважина, изученная М.В. Муратовой [7]

по другим исследованным разрезам Приханкайской впадины позволили реконструировать развитие растительности и природные условия Приханкайской низменности в позднем неоплейстоцене-голоцене. Выделенные палинокомплексы отражают фазы развития растительности в МИС 5–1.

Особенностью палинокомплексов 1 и 2 (фаза *Pinus–Quercus*), выделенных из отложений суглинка, супеси и крупнозернистого песка в интервале глубин 15,7–12,4 м, является присутствие таксонов Северо-Китайской флористической провинции *Tsuga* и *Fagus*, высокое содержание пыльцы *Pinus s/g Diploxylon*, *Pinus s/g Haploxylon* и *Quercus* (рис. 1.22). Подобные палинофлоры выделены из отложений темно-серых вивианитовых глин, вскрытых в пределах Уссури-Сунгачского междуречья [6]. Развитие растительности происходило в условиях первого позднеплейстоценового потепления, сопоставляемого нами с рисс-вюрмским межледниковьем (находкинское время – Q^1_{III} , МИС 5).

Присутствие в палиноспектрах пыльцы бука и тсуги указывает на более теплые и влажные климатические условия периода, по сравнению с современными, так как тсуга предпочитает высокую относительную влажность воздуха, с годовым количеством осадков до 1000 мм и более, а бук нормально развивается при средней температуре января –3,2 °С (юго-западное побережье о. Хоккайдо) [11].

Время формирования осадков, отвечающих палинокомплексу 3 (фаза *Abies–Picea*), выделенному из чередующихся прослоев суглинка и песка в интервале глубин 8,4–6,3 м, вероятно, соответствует Каргинскому интерстадиалу в Сибири (черноручьинское время, Q^3_{III} , МИС 3). В скв. 30 из образца с глубины 7,3 м (гумусированная глина) получена радиоуглеродная датировка 35 тыс.л. (МГУ-457) [7]. Отложения этого же возраста вскрыты озерными скважинами 579 (инт. 8,4–6,3 м) и 77 (инт. 5,3–3,0 м). В это время получают распространение таежные растительные сообщества, характерные для юга бореальной зоны. В их составе возрастает роль кедровой сосны (*Pinus s/g Haploxylon*). На озерно-аллювиальной равнине господствуют ландшафты низовых болот с осоково-вейниковой растительностью.

В палинокомплексе 4 (фаза *Picea–Alnaster–Betula*), полученном из суглинка гумусированного с растительным детритом и песка крупнозернистого с гравием в интервале глубин 6,3–4,6 м, отмечается сочетание пыльцы хвойных растений (*Picea*, *Pinus s/g Haploxylon*), кустарниковых и древовидных берез (*Betula sect. Nanae*, *Betula sect. Albae*), при высоком содержании пыльцы болотных трав, спор плаунов и мхов (*Sphagnum*). Полученная изотопная датировка ^{14}C (материалы Б.И. Павлюткина) составляет 17840 ± 200 л. н. (Ки-2166), что соответствует Гыданской стадии Чартанского оледенения Сибири (партизанское время – Q^4_{III} , МИС 2) [4]. По данным карпологического анализа (заключение Ф.М. Величкевич), в это время господствовала таежная флора, что свидетельствует о развитии на равнине в гляциальный период позднего неоплейстоцена обширных марей и болот с елью аянской, лиственницей и ерниками.

Палинокомплекс 5 (фаза *Quercus–Ulmus*), выделенный из пачек супеси и песка мелкозернистого в интервале глубин 1,8–1,2 м, отражает глубокие изменения

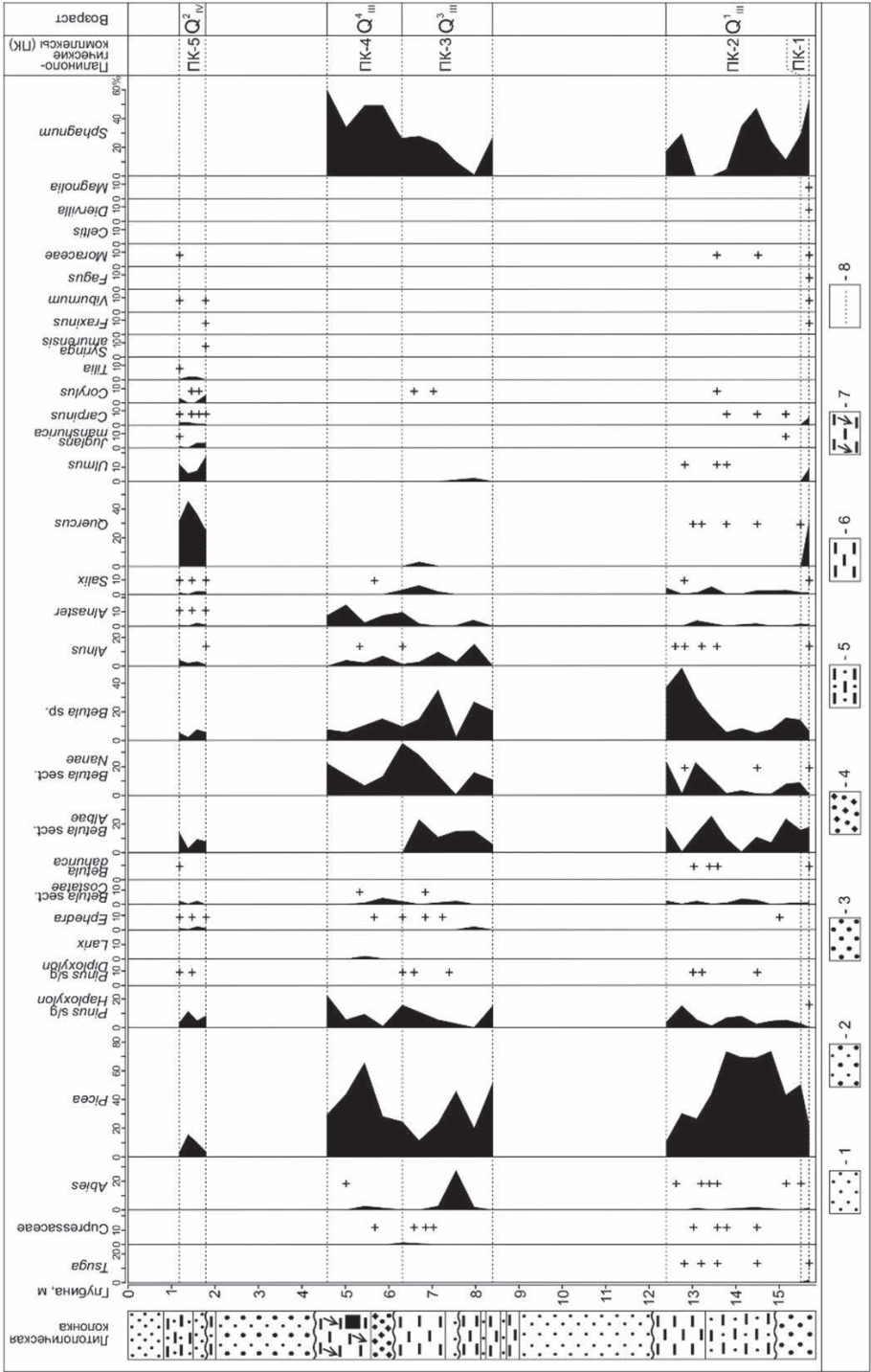


Рис. 1.22. Спорно-пыльцевая диаграмма четвертичных отложений по скважине 579.

1 – пыльца недревесной растительности, 2 – пыльца древесной растительности, 3 – песок, 4 – супеси, 5 – суглинки, 6 – споры, 7 – растительные остатки, 8 – места отбора проб

в структуре растительности, связанные с потеплением в голоцене. В обрамлении низкой озерно-аллювиальной равнины широкое распространение получают полидоминантные леса с незначительным участием хвойных растений. В них доминируют умеренно термофильные растения *Ulmus*, *Quercus*, *Juglans mandshurica*, *Fraxinus* и *Carpinus cordata*. В травянистом покрове преобладает мезофильная растительность. Севернее оз. Ханка подобные палиноспектры выделены из пойменных суглинков р. Алчан [2]. Полученная ^{14}C дата 6660 ± 70 л. н. (Ки-3169) (материалы А.Д. Боровского) свидетельствует о накоплении соответствующих осадков в оптимальную фазу среднего голоцена.

В составе диатомовой флоры доминируют представители преимущественно бентических родов *Eunotia* и *Pinnularia* — обитатели пресноводных, сильно гумусированных, мелководных водоемов. Планктонные формы практически отсутствуют, состав диатомовой флоры холодолюбивый.

Полученные биостратиграфические данные по скв. 579 хорошо коррелируются с другими озерными скважинами (рис. 1.23).

Таким образом, в спорово-пыльцевых спектрах донных отложений восточного сектора оз. Ханка выделены пять фаз развития палеорастительности позднего неоплейстоцена и голоцена. В ландшафтах ресс-вюрмского межледникового (МИС 5, Q^1_{III}) преобладали дубово-широколиственные леса с присутствием граба, бука и елово-сосновых лесов с тсугой. В черноручинское время (МИС 3, Q^3_{III}) широкое

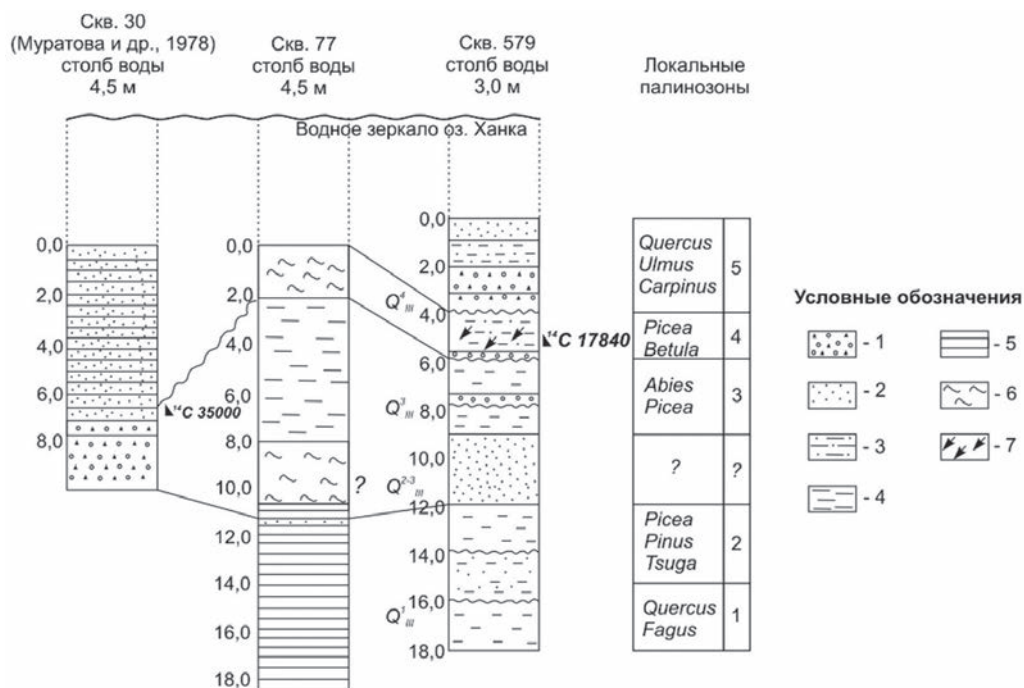


Рис. 1.23. Схема корреляции отложений. 1 — песок крупнозернистый, 2 — песок, 3 — супесь, 4 — суглинок, 5 — глина, 6 — ил, 7 — растительные остатки

распространение получает растительность, характерная для южно-бореальной, темной хвойной тайги. В гляциальный период партизанского времени (Q^4_{III}) доминировали формации, развитые в северо-бореальной таежной зоне — ольховники и мари. Оптимальная фаза голоцена (Q^2_{IV}) характеризуется развитием ильмово-дубовых лесов с грабом и незначительным участием хвойных растений в ландшафтах Приханкайской впадины.

Полученные биостратиграфические данные свидетельствуют, что в холодные эпохи позднего неоплейстоцена происходило увеличение затопленных площадей. Это, очевидно, связано с увеличением суммы атмосферных осадков и снижением испарения. Однако глубина слоя воды на затопляемой территории вряд ли превышала 0,5 м. В таких условиях широкое развитие получали растения-гидрофиты. В этот временной интервал Приханкайская низменность, представляла собой аллювиальную равнину, в течение длительных отрезков времени находившуюся в состоянии частичного или полного затопления. Возникновение озера, имеющего современный облик, произошло, по всей вероятности, в среднем голоцене.

В позднем голоцене озеро регрессировало, о чем свидетельствуют системы береговых валов. Произошло формирование современных природных ландшафтов Приханкайской равнины. В настоящее время в их составе выделяется равнинно-луговой ландшафт, подразделяющийся на местности низких озерно-аккумулятивных и высоких аккумулятивно-денудационных равнин, а также горно-лесной ландшафт, включающий местности останцово-денудационных равнин, холмов и плоских увалов, мелкогогорий и низкогогорий, а также долинно-приречный ландшафт. В их составе выделены урочища днищ долин, водоразделов, склонов и антропогенного генезиса [1].

Литература

1. Белянин П.С. Особенности ландшафтной структуры Приханкайской равнины и ее горного обрамления // География и природные ресурсы. 2009. № 4. С. 112–116.
2. Белянин П.С., Белянина Н.И. К эволюции растительного покрова Приханкайской впадины и ее горного обрамления в позднем неоплейстоцене-голоцене (по палинологическим данным) // Тихоокеанская геология. 2012. Т. 31, № 2. С. 96–100.
3. Ивашинников Ю.К. Палеогеоморфология депрессионных морфоструктур юга Дальнего Востока. М.: Наука, 1978. 131 с.
4. Кинд Н.В. Геохронология позднего антропогена по изотопным данным. М.: Наука, 1974. 256 с.
5. Короткий А.М., Гребенникова Т.А., Караулова Л.П., Белянина Н.И. Озерные трансгрессии в позднекайнозойской Уссури-Ханкайской депрессии (Приморье) // Тихоокеанская геология. 2007. Т. 26, № 4. С. 53–56.
6. Короткий А.М., Караулова Л.П., Троицкая Т.С. Четвертичные отложения Приморья // Стратиграфия и палеогеография. Новосибирск: Наука, 1980.
7. Муратова М.В., Алешинская З.В., Болиховская Н.С., Воскресенская Т.Н. Изменение природы Приханкайской равнины в позднем плейстоцене // Палеогеография плейстоцена Дальнего Востока и его морей. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1978. С. 81–89.
8. Никольская В.В. Некоторые данные по палеогеографии озера Ханка // Тр. Ин-та географии АН СССР, 1952. Т. 51. С. 215–225.
9. Павлюткин Б.И. Четвертичные отложения юго-восточной части Уссури-Ханкайской депрессии и признаки плейстоценовых трансгрессий озера Ханка // Развитие природной среды в плейстоцене (юг Дальнего Востока). Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1981. С. 40–50.
10. Павлюткин Б.И., Ханчук А.И. Новые данные о возрасте оз. Ханка, Дальний Восток России // ДАН, 2002. Т. 382, № 6. С. 826–828.
11. Янупутин А.И. Физико-географическое описание Японии. Л.: ЛГУ, 1947. 59 с.

ФАКТОР ОКРАИННО-КОНТИНЕНТАЛЬНОЙ ДИХОТОМИИ В ФОРМИРОВАНИИ УССУРИ-ХАНКАЙСКОЙ ЛАНДШАФТНОЙ СТРУКТУРЫ И В ПОВЫШЕНИИ УРОВНЯ ВОДЫ В ОЗЕРЕ ХАНКА

В данном разделе, нацеленном на оптимизацию освоения территорий ландшафтной сферы, на практическую реализацию ландшафтного подхода в решении эколого-ландшафтных задач, на изучение с ландшафтных позиций ситуации и причин повышения уровня воды оз. Ханка, рассматриваются результаты авторских геолого-географических и географических исследований в окраинно-континентальной зоне контакта континента и Тихого океана. Выделяется в ландшафтной сфере Тихоокеанский окраинно-континентальный **азональный** ландшафтный пояс [4]. В азональность включаются прежде всего особенности окраинно-континентальной дихотомии, выраженной в фундаменте, растительности, орографии и климате территорий, и генетически связанные с ними различия в характере зональности, проявляющейся в ландшафтной дифференциации. Входит также секторная дифференциация зональных геосистем, выражающаяся в особенностях барьерно-высотной поясности горных стран и др.

Несмотря на значимость знаний о разнообразных ландшафтных геосистемах, в том числе при освоении территорий, таких как территория России, ландшафтной тематики и картографированию ландшафтов в последнее время посвящено ограниченное количество работ. Региональной ландшафтной специфики, к большому сожалению, посвящено мало работ и по обширной территории Тихоокеанской России. До последнего времени мало региональных работ по окраинно-континентальным ее территориям: Приморью, Сахалину, Камчатке, Чукотке. Уникальное их местоположение в окраинно-континентальном поясе взаимодействия океана и суши, с региональным развитием в условиях окраинно-континентальной дихотомии, подчиняющихся законам дуализма, своеобразие компонентов ландшафтов и их сочетаний определяет их, как и рассматриваемую Уссури-Ханкайскую ландшафтную структуру, как самостоятельные, интересные объекты изучения географического пространства ландшафтной сферы.

На основе углубленного покомпонентного анализа к сегодняшнему дню разработана ландшафтная классификация, составлена базовая векторная ландшафтная карта Приморского края М 1: 500 000 и легенда к ней [2, 3], разработана в масштабе 1: 500 000 ландшафтная классификация Сахалинской области, продолжают ландшафтные исследования по другим территориям окраинно-континентального ландшафтного пояса Тихоокеанской России. Впервые показаны особенности формирования фундамента ландшафтов, с опорой на изучение петрографического состава и структурно-тектонического положения осадочных и других литокомплексов.

Проведенные исследования, базирующиеся на картографировании ландшафтов и их структур, оценке данных по изменению свойств ландшафтов и их пространственно-площадному распространению, рассматриваются как **базовые** для комплексной оценки природных и антропогенных преобразований природной среды, оптимизации природопользования, конструктивного начала в обеспечении экологической безопасности рассматриваемых территорий и на их фоне (большого

географического пространства) и как их части — Уссури-Ханкайской. То есть Уссури-Ханкайская ландшафтная структура — это часть общей окраинно-континентальной структуры, и ее развитие можно лучше установить на фоне последней и совместно с пониманием формирования вмещающих ее общих структур (ландшафтосферы, окраинно-континентального пояса и др.)

Ранее не учитывались особенности глубинных корней окраинно-континентальной дихотомии в геолого-геоморфологической и тектонической эволюции территорий как ответственного и направляющего фактора в формировании и дифференциации современных ландшафтных таксонов, и в том числе Уссури-Ханкайской ландшафтной геосистемы. Не учитывались также особенности рассматриваемых территорий в рамках ландшафтной географии в области горного ландшафтоведения и др. Поэтому прежде чем рассматривать результаты влияния окраинно-континентальной дихотомии на формирование Уссури-Ханкайской ландшафтной структуры и в связи с этим повышение уровня воды в оз. Ханка, важно отметить то, что при исследованиях мы имеем дело с особыми окраинно-континентальными ландшафтными геосистемами, и при рассмотрении вопроса нами учитывались знания современной специфики природных условий (отмечаются только некоторые разрабатываемые нами важные особенности):

1. Учитывалось, что принципы практики должны рассматриваться в области развивающегося в последние десятилетия горного ландшафтоведения. Рассматриваемая территория — это горная страна, по ландшафтной таксономии здесь классических платформенных равнин нет, а имеющиеся участки — это части горных подвижных поясов, рифтогенных структур. Уссури-Ханкайская структура — межгорный прогиб, рифтогенная структура.

2. По материалам, наработанным ландшафтной географией, включающей многие параметры (удаленность от моря, вытянутость вдоль прибрежной зоны Тихого океана, климатические параметры, компонентную палеогеографию в широком смысле и др.), горные и равнинные окраинно-континентальные территории относятся к особым, окраинно-континентальным геосистемам и поясам.

3. Это ландшафтные структуры выделяемого особого Тихоокеанского окраинно-континентального ландшафтного пояса Тихоокеанской России. Своеобразие их не только в палеогеографии, но и в континентально-океанической дихотомии, законе фундаментального дуализма суши и моря, парности в организации и функционировании, единстве и противоположности приморских и континентальных ландшафтов и геосистем.

4. С применением картографирования ландшафтов обнаружили существенные различия ландшафтной структуры и организации окраинно-континентальных горных (включая равнинные структуры предгорных и межгорных прогибов, в частности, таких как Уссури-Ханкайская равнина) и классических платформенных равнинных ландшафтов, различия в высотной поясности, по тепловому балансу, условиям увлажнения, водному режиму, вытянутости вдоль границы континента и океана и другим характеристикам.

5. Для ландшафтов характерны уязвимость к воздействию природных и антропогенных факторов, широкое развитие процессов выветривания, высокая динамичность, неустойчивость природных систем и др.

6. Учитывались глубинные корни окраинно-континентальной дихотомии, реализованные в современной дифференциации ландшафтов.

7. Особенности формирования фундамента ландшафтов, с опорой на изучение петрографического состава и структурно-тектоническое положение осадочных и других литокомплексов.

8. Учитывалась рассмотренная нами ранее аккреционная природа вещественных комплексов фундамента ландшафтов и его тектоническая нестабильность в рассматриваемых окраинно-континентальных условиях [5]. В целом континентализация окраинно-континентальной геосистемы, включающей ее горную систему (Сихотэ-Алинскую и Восточно-Маньчжурскую) и межгорный прогиб (Уссури-Ханкайский прогиб с оз. Ханка) не привела к стабилизации тектонических движений. До сегодняшнего дня устанавливается флуктуационный тектонический режим дифференцированных во времени и пространстве горст-грабеновых поднятий и опусканий фундамента ландшафтов. Флуктуационные поднятия и опускания территорий по-разному отразились на происходившем развитии ландшафтов. В частности, в четвертичном периоде в центральном Сихотэ-Алине на водоразделе рек Бикин, Бол. Уссурка и рек Япономорского макросклона поднятия привели к усилению континентализации климата, развитию процессов солифлюкции, курумового, термокрипового и криокрипового транзита грубообломочного материала. В пределах Усури-Ханкайскрй равнины дислокации привели к смене режимов развития эрозионно-денудационных систем, что в свою очередь привело к смене водного режима в оз. Ханка.

9. Рассмотренные нами во взаимосвязи с тектоническим состоянием соответствующих территорий региональные особенности фундамента и его рыхлого чехла как вещественная компонентная основа ландшафтных условий развивающихся разномасштабных эрозионно-денудационных систем.

10. Геологическое качество природы, которое понимается как способность фундамента ландшафтов за счет собственного геологического природного потенциала в течение длительного времени сохранять и поддерживать динамику развития и вещественно-природный потенциал территории.

11. Ландшафтное качество геосистем, под которым понимается способность ландшафта за счет собственного потенциала (сопряженных геологического, рельефного, климатического, почвенного, растительного) в течение длительного времени сохранять и поддерживать устойчивый природный уровень функционирования территорий и воспроизводства ресурсов [5].

С учетом отмеченного нами проведены анализ, синтез и оценка ландшафтных геосистем Уссури-Ханкайской равнинной ландшафтной структуры и прилегающих горных территорий. Проведен сопряженный анализ компонентов (фундамент, рельеф, климат, почвы, растительность), выделены таксоны ландшафтов, классы, подклассы, роды, виды и к решению практических задач применен ландшафтный подход (метод). При этом сущность ландшафтного подхода определяется, «во-первых, в учете индивидуальности природы земной поверхности, организованной в сочетания природно-территориальных комплексов (геосистем), образующих относительно однородные по генезису территории, называемые ландшафтами; во-вторых, в учете

их пространственно-временной иерархической структуры; в-третьих, причинно-следственных взаимосвязей между отдельными компонентами». Современный этап характеризуется также необходимостью решения задачи развития теории и методологии ландшафтного планирования и управления. Они автоматически включают оценку воздействия хозяйственной деятельности человека на ландшафты, проблемы ландшафтного нормирования, сохранения ландшафтного разнообразия, комплексной оценки земель и природных ресурсов, оптимизацию размещения производственной и иной деятельности, а также изучение природного экологического потенциала территорий, и в том числе их тектонической стабильности.

Сопряженный анализ, синтез и оценка компонентной специфики и пространственный анализ геосистем обрамления оз. Ханка в рамках ландшафтной географии Приморского края и Тихоокеанского окраинно-континентального ландшафтного пояса России позволяет нам говорить о направляющем значении фундамента как ответственного за формирование ландшафтов (выражен в петрографическом составе и условиях залегания горных пород, тектоническом режиме развития территорий [1]). В нашем случае можно говорить об ответственном за развитие оз. Ханка и прилегающих ландшафтных геосистем тектоническом факторе, а также индицирующих фундамент эрозионно-денудационных системах.

Тектонический фактор определяется формированием зоны тектонических напряженностей в пределах Уссури-Ханкайского межгорного прогиба и развивающегося по сценарию рифтогенной структуры. Наличие зон напряженности подтверждается редкими маломощными землетрясениями и горстовыми и грабеновыми дислокациями, выраженными поднятиями и прогибами в рельефе равнинных ландшафтов. Кроме того, их формирование также связывается с тектонической активизацией в целом окраинно-континентальной зоны, в пределах которой (например, в Японии) проявляются землетрясения. В пределах Уссури-Ханкайского прогиба зоны напряженностей скорее представляют собой реакцию на активизацию тектонических процессов в зоне непосредственного взаимодействия континентального и океанического сегментов Земли и являются результатом окраинно-континентальной дихотомии.

Кроме того, нами проведена региональная ландшафтная индикация эрозионно-денудационных систем, в свою очередь индицирующих фундамент эрозионно-аккумулятивного рода ландшафтов Уссури-Ханкайской равнины и ландшафтов мелкосопочного и низкогорного родов предгорных территорий [5]. В результате установлено, что ландшафтные условия развития региональных эрозионно-денудационных процессов, рассмотренные через взаимодействие и взаимообусловленность внешних, межкомпонентных и внутренних связей компонентов ландшафтов реализованы во множестве типов, дифференцируются как специфические локальные ландшафтные условия развития и подчинены законам взаимосвязанности, взаимообусловленности и взаимопроникновения друг в друга компонентов природной, часто трансформированной, ландшафтной геосистемы.

Изучение генезиса, состава рыхлых отложений, транзита обломочного материала из областей устойчивой денудации горных пород в область устойчивого накопления в речных системах, пространственного и временного развития

и организации через ландшафтные условия развития эрозионно-денудационных систем показало взаимосвязанное и закономерное формирование и развитие под действием эрозионно-денудационных процессов речных и денудационных систем рыхлого субстрата ландшафтов. В частности, транзит материала из областей устойчивой денудации в области устойчивого накопления в речных системах приводит к изменению вещественного состава и постоянному преобразованию геосистемы.

Стадийность развития осадков отражается в многообразной смене генетических типов отложений в областях денудации (элювий, коллювий, делювий, пролювий, аллювий быстротоков и др.) и в несколько меньшей смене в зонах устойчивого осадконакопления (аллювий дельтовый, ложковый и др.). Смена фациальных условий развития эрозионно-денудационных систем на пути транзита обломочного материала определяет степень зрелости осадка, поступающего в область седиментации. Наиболее полное и глубокое преобразование горной породы ландшафта происходит в том случае, если возникающий из нее обломочный материал проходит через стадию образования элювия (вплоть до формирования коры выветривания), делювия, а затем поступает в речную долину, где транспортируется водотоком в форме аллювия в зону устойчивого накопления. От скорости перемещения обломочного материала в речных долинах зависит интенсивность его дальнейших изменений. При достаточно больших уклонах горных рек обломочный материал довольно быстро поступает в область устойчивого осадконакопления, не будучи мелко раздробленным и не претерпев заметных химических превращений. В итоге реки выносят в межгорные депрессии преимущественно грубообломочный материал, близкий к грубообломочному материалу расчлененно-среднегорного полисубстратного рода ландшафтов.

Несколько иной по гранулометрии и вещественному составу обломочный материал поступает из переходной зоны территорий денудационного выравнивания, представленных мелкосопочным полисубстратным родом ландшафтов. Здесь длительная механическая дезинтеграция и химическое преобразование коренных пород приводит к возникновению на склонах преимущественно песчано-глинистого материала. В связи с этим речные водотоки, водосборные бассейны которых совпадают с переходной зоной от горного к равнинному классу ландшафтов, выносят существенно тонкокластический материал.

Поступление в водоток из зоны денудации тонкокластического либо грубообломочного или другого типа материала влияет на развитие соответствующего водотока или его бассейна, а также соответствующих таксонов ландшафтов, и создаются новые условия развития эрозионно-денудационных процессов. Поэтому, как показали детальные исследования, при изучении речных и эрозионных систем, выявлении закономерностей их возникновения, развития во времени и пространстве необходимо изучать тектоническую стабильность, особенно это относится к территориям совместного развития горного и равнинного классов ландшафтов, сопряженных с ними в пространстве и времени денудационных систем. Изучение условий развития эрозионно-денудационных систем с применением регионального ландшафтного подхода делает возможным, в свою очередь, создание основ

для моделирования динамики и функционирования ландшафтных геосистем. Их познание только поможет познать природу речных и эрозионных систем, а также познать ландшафтные условия развития эрозионно-денудационных систем, что в конечном итоге поможет разработке конструктивных концепций освоения территорий, природоохранных и экологических мероприятий в пределах Уссури-Ханкайской ландшафтной структуры.

Кроме того, важно отметить, что функционирование и динамика развития эрозионно-денудационных систем зависит от многих факторов, и в том числе от тектонического состояния соответствующих территорий, особенно остро это касается окраинно-континентальных ландшафтных поясов – зон окраинно-континентальной дихотомии, зон активного взаимодействия континентальных и океанских сегментов Земли. Тектоническое состояние территории – важнейшее ландшафтное условие развития эрозионно-денудационных систем.

Итак, применение ландшафтной индикации эрозионно-денудационных систем во взаимосвязи с тектоническим состоянием территории Тихоокеанского ландшафтного окраинно-континентального пояса и изучение тектоники и состояния эрозионно-аккумулятивных процессов Уссури-Ханкайской равнины показывает, что создавшаяся на сегодняшний день ситуация с изменением водного режима в оз. Ханка связана с развитием процессов не только местного, но и регионального уровней, под влиянием фактора окраинно-континентальной дихотомии. Такой комплексный и сложный характер процессов, происходящих в целом в ландшафтных геосистемах рассматриваемой территории, отсутствие современных комплексных исследований с учетом межкомпонентных, межландшафтных связей и в целом детальных ландшафтных исследований состояния эрозионно-денудационных и других систем не способствует однозначному решению вопроса положительной экологии. Рекомендуется, прежде чем принимать окончательные решения по экологии оз. Ханка, получить на основе применения ландшафтного метода комплексные ландшафтные материалы. Они должны быть достаточно детальными для решения возникающей связанной с подъемом воды оз. Ханка охранно-экологической проблемы. Для этого рекомендуется в рамках ландшафтной географии проведение локального полевого ландшафтного картографирования с обязательным составлением векторных карт, изданием их в открытой печати, в последующем на основе учета межкомпонентных, межландшафтных и причинно-следственных связей построение моделей развития природы, и в том числе таких, как модели тектонических напряженностей и развития эрозионно-денудационных систем. Для географического пространства Уссури-Ханкайской равнины надо это сделать с учетом фактора окраинно-континентальной дихотомии активно развивающегося в настоящем Тихоокеанского окраинно-континентального ландшафтного пояса ландшафтной сферы планеты Земля.

Литература

1. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М.: Высш. шк., 1991. 368 с.
2. Старожилов В.Т. Карта ландшафтов Приморского края масштаба 1: 1 000 000. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2009.

3. Старожилов В.Т. Ландшафты Приморского края масштаба 1: 500 000 (Объяснительная записка к карте масштаба 1: 500 000). Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2009. 368 с.

4. Старожилов В.Т. Тихоокеанский окраинно-континентальный ландшафтный пояс как географическая единица Тихоокеанской России и вопросы практики // Проблемы региональной экологии. 2013. № 5. С. 1–7.

5. Старожилов В.Т. Ландшафтная география Приморского края Тихоокеанской России: курс лекций. В 3 ч. / науч. ред. Б.И. Кочуров. Владивосток: Дальневост. федерал. ун-т, 2014. Ч. 3. Вопросы практики. 209 с.

ОБЗОР АРХИВНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИССЛЕДОВАНИЯ, МЕЛИОРАЦИИ И РИСОСЕЯНИЯ НА ПРИХАНКАЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

В современных условиях начинает возрождаться рисосеяние в Приморском крае. Остро стоят вопросы подъема уровня оз. Ханка. В связи с этим необходим анализ развития рисосеяния и связанных с ним мелиоративных систем на территории Приморского края.

В работе использовались литературные источники и архивные документы, предоставленные Государственным архивом Приморского края.

Началом истории исследования территории Приморского края можно считать 1860 г. Первые ботанические и почвенные описания мы находим у Р.К. Маака и К.И. Максимовича (1861 г.). Обширные географические, орнитологические, гидрографические работы выполнялись путешественником и натуралистом Н.М. Пржевальским (1867–1869 г.). Итогом этих работ были сочинения «Об инородческом населении в южной части Приамурской области» и «Путешествие в Уссурийском крае». В своем труде «Путешествие в Уссурийском крае 1867–1869 гг.» [8] он отмечает: «...В двенадцати верстах выше станицы Буссе Уссури принимает слева р. Сунгачу, неширокое устье которой трудно даже и заметить в густых зарослях берегового ивняка. Между тем эта река, составляющая сток оз. Ханка, приносит значительную массу вод, а по оригинальному характеру своего течения заслуживает особенного внимания и любопытства. ...На всем своем протяжении Сунгача имеет большую глубину — от 2 до 5, даже в иных местах до 10 сажен [от 4–10 до 20 м], и притом эта глубина начинается у самого берега, так что река течет в глубокой промоине. Скорость же течения при самом истоке из оз. Ханка довольно велика, но в средних и нижних своих частях Сунгача струится медленно. Наружный вид оз. Ханка не имеет в себе ничего привлекательного. Огромная площадь мутной воды, низкие болотистые или песчаные берега.

По своей форме оз. Ханка представляет эллипс, расширенный на севере, суженный к югу и вытянутый большой осью в последнем направлении. Наибольшая длина его от севера к югу около 80, а ширина от востока к западу около 60 верст. Окружность простирается до 250 верст, а площадь занимает до 3400 кв. верст (соответственно, в километрах: длина — 85, ширина — 64, окружность — 267, площадь — 3870 кв. км). Однако, несмотря на такую величину, оз. Ханка чрезвычайно мелко, и хотя подробных промеров еще не было сделано, но наибольшая глубина, которая до сих пор найдена, равняется только 24 футам [7,2 м], и то около середины. Начиная же от берегов, на полверсты, а часто и того более, глубина не превосходит

пяти или шести футов [1,5–1,8 м]. Дно везде гладкое, как пол, состоит из песка с примесью различных органических остатков... Проливные дожди идут здесь обыкновенно в июле, следовательно, в период сбора жатвы, так что хлеб гниет на корню и нет возможности убрать как следует. Кроме того, вода затопляет все долины, а вместе с ними и пашни, лежащие на низких местах. ...Такие наводнения случались два раза на моих глазах, именно в июле 1867 и августе 1868 гг. В последнем случае вследствие проливных дождей вода прибывала чрезвычайно быстро, поднялась более чем на две сажени против своего обыкновенного уровня (по измерениям, произведенным Лопатиным в станице Буссе, вода поднималась здесь на 2 1/2 сажени [5 м] над уровнем зимнего льда) и не только затопила большую часть казачьих пашен, но даже и некоторые станицы, так что жители принуждены были в это время жить на чердаках».

Большая цитата из работы приведена не случайно. В этом отрывке показана и характеристика озера, и проблемы для населения, которые привели к началу мелиоративных работ по осушению земель. В 1896 г. инженером А.М. Львовым были проведены изыскания по осушению и необходимым мелиоративным работам на заболачивающихся почвах Приморской области. В связи со все возрастающим потоком переселенцев в Сибирь и на Дальний восток в 1896 г. создается Переселенческое управление. Постепенно приходит понимание необходимости обширных научно-изыскательских экспедиционных работ с привлечением почвоведов. В 1908 г. руководить всеми работами по изучению почвы было поручено профессору К.Д. Глинке. Первая сводная работа была опубликована уже в 1910 г.

Первые сведения о развитии рисосеяния в Приморье относятся к 1860–1864 гг. (А. Будищев). В период с девяностых годов XIX в. и до 1917 г. рисосеяние в Приморском крае не производилось и возобновляется в 1917–1918 гг. До 1926 г. основными производителями риса были единоличные хозяйства [1]. В связи с этим и в целях расширения рисоводческих хозяйств принимается решение о комплексной научно-исследовательской экспедиционной работе на Приханкайской низменности.

Из материалов работ Ханкайской изыскательной партии по изысканиям в Приханкайской низменности за 1926–1927 г. [2]

Основная задача Ханкайских изысканий — выяснить вопрос о возможности включения в сельхозиспользование огромной площади в 1/4 млн га заболоченных площадей, прилегающих к оз. Ханка. Основной вопрос — возможность осушения болот без понижения горизонта воды в оз. Ханка на всей заболоченной территории, за вычетом 60 000 га, наиболее близко лежащих к горизонту озера. На расстоянии нескольких верст от берега глубина озера не превышает 1 м. По Чубинскому, глубина на середине озера колеблется от 2 до 6 м. В северо-западной части озера есть наибольшие котловины с глубиной до 10 м, но их должно рассматривать как исключение (глубины определены в 1927 г.). От наносов впадающих рек озеро медленно мелеет. Годовые колебания уровня воды в озере ... даже в дождливые годы не превышают 0,6–0,9 м. Высота поверхности озера над уровнем океана по нивелировке 1926 г. равна 69 м (р. Уссури при впадении в нее р. Сунгаси — 61 м). Озеро очень бурно (отмечается большое испарение с зеркала озера). Река Мо длиной около

100 верст, площадь водного бассейна около 3000 кв. верст. Амплитуда колебания горизонта воды достигает 1,61 сажени. Вода полностью используется для полива посевов риса. Река Синтуха — около 100 верст. Площадь водного бассейна 1300 кв. верст. Колебания уровня воды 1,41 сажени. Запасы воды целиком используются на рисовых плантациях площадью до 1700 кв. десятин. Заболоченность Х.Н. вызвана двумя обстоятельствами, сообразно чему болота по происхождению различаются двух типов:

а) первый тип — это болота, прилегающие к оз. Ханка — зарастающие части бывшего некогда более обширным озера Ханка (могут быть приведены в культурный вид отведением избыточной воды в оз. Ханка);

б) второй тип болот, занимающий площадь до 4000 кв. верст, — эти болота и заболоченные луга образовались благодаря выраженному рельефу и водопроницаемости глинистых и суглинистых почв. Распространены эти болота главным образом в Присунчанском районе и полосе ж.д.

Из пояснительной записки к плану организации Сантахезского рисосовхоза и совхозов на поливных землях Приханкайской низменности на 1927–1929 годы. [3] (с. Новосельское и Старый ключ)

а) построена насосная станция 3 куб.м/сек;

б) построена ирригационная и осушительная системы по всей площади предназначенной для орошения, со всеми гидротехническими сооружениями;

в) построена дорога-дамба 9 км, от насосной станции до дороги Спасск—Гайворон;

г) построены полевые дороги и мосты.

Выращивание риса производится по чекам 0,5 га.

Из организационного расчета типового рисового совхоза на мелиорируемых землях Ханкайской низменности

Первые два года строительства совпали с периодом крайне неблагоприятных метеоусловий. Большое количество осадков вызвали исключительные по своим размерам наводнения в Приморском крае в 1927 году и частично в 1928 году. Река Сантахеза (Спасовка с 1972 г.) за этот период дала пять паводков, некоторые из которых достигали рекордных размеров за последние 35 лет в этом районе.

Из материалов архива

1927 г. Рисосеяние осуществляется в Худяковской Земледельческой артели в селении Кедровск хутора Суйфунского района (р. Кедровка). Отмечается, что чем больше плантация, тем меньше теряется воды в сторону. Урожай здесь составил 150 пудов с 1 десятины.

В 1928 г. На Приханкайской низменности в результате работ 2 лет заканчивается постройка 2 машинных оросительных систем с площадью более 3500 га. Распахано около 2000 га болотной целины. Произведен посев риса на площади 550 га с урожаем 4 т/га (253 пуда/га).

Организован один рисовый совхоз на площади 110 га. Результатом эксплуатации совхоза в первом же году является его расширение до 1200 га в текущем 1929 г.

Произведены детальные изыскания на площади 300 000 тыс. га. Организована опытно-мелиоративная станция. Построен и пущен в эксплуатацию рисоочистительный завод.

Не оправдались высказывания о невозможности осушения Приханкайских болот без предварительного понижения горизонта озера (Ханка). При рассмотрении проекта в техническом комитете АКЗеза было обращено внимание на необходимость учесть возможность использования нижней террасы путем обвалования.

В 1929 г. ведущей отраслью сельского хозяйства в Гродековском районе (Пограничном) было рисосеяние. В этом году было собрано 43 271 центнер с площади посевов 1 759 га.

Также на хранении в архиве существуют следующие документы, показывающие серьезность намерений о расширении полей под рис: *Почвенные анализы образцов почв районов Дальнего Востока за 1931–1932 годы [4]; Объяснительные записки и описания к почвенным и ботаническим картам районов Дальневосточного края за 1936 год [5].*

Основная часть целинных земель в Приморском крае расположена на низменностях оз. Ханка и в поймах рек. Ливневые дожди, постоянно выпадающие в Приморье летом и осенью, создают условия для заболачивания этих земель, крайне неблагоприятные для возделывания суходольных культур, но хороши как раз для риса. Возделыванием его начали заниматься регулярно с 1918 г. Площадь риса в 1920 г. составляла 1,6 тыс. га при урожайности 36 ц/га; в 1975 г. – 28,3 тыс. га (30,2 ц/га); 1985 г. – 44,1 (22,2); 1995 г. – 12,4 (8); 1999 г. – 5,2 (13), 2000 г. – 6,6 (22).

Из протокола совещания Наркомзема 2 августа 1930 г. [6]

1. Установить следующую сеть рисовых совхозов Ристреста (в списке 23 совхоза общей площадью 185 700 га, из них 149 900 – площадь орошения).

1932 г. [7] Неоднократно рассматривался вопрос о понижении горизонта оз. Ханка. При этом предлагались следующие варианты решения проблемы:

1) путем спуска части его вод через Лефу, Суйфун и Амурский залив или путем спуска через р. Сунгач или специальный канал через р. Уссури;

2) регулирование стока путем создания больших водохранилищ.

1940 г. Без проведения работ по коренному регулированию рек и без устройства водохранилищ, которые необходимы для предотвращения наводнения, в Приморском крае можно будет вовлечь под посевы риса около 50–60 тыс. га. При устройстве водохранилищ и использовании для орошения воду механическим подъемом под посев риса можно вовлечь около 100–110 тыс. га. Отмечается, что под посевами риса 2450 га.

1941 г. Весьма показателен тот факт, что, планируя развитие оросительных систем, государство всерьез задумалось о подготовке квалифицированных кадров.

Из записки Микояну «О развитии рисосеяния в Приморском крае»

Подготовку гидротехников средней квалификации необходимо организовать в уссурийском сельхозтехникуме (с. Дмитриевка Черниговского района), введя на гидротехническом отделении спецкурс – проектирование, строительство и эксплуатация рисовых ирригационных систем. С ежегодным выпуском 25 человек.

В 1941 г. планировалось произвести исследовательские работы по снижению уровня озера Ханка на 1–2 м и осушению Приханкайской низменности.

1942 г. В пояснительной записке отмечено, что в 1930 г. рисом засевалось 190 тыс. га. Урожайность составляла 40–45 ц/га. В отдельных хозяйствах урожайность доходила до 54,9 ц/га.

40–50-е годы можно охарактеризовать, судя по архивным документам, как время планов, время не предоставления отчетов о проделанной работе.

Научные исследования в области водного хозяйства и мелиорации возобновились в пятидесятых годах после особо катастрофических наводнений 1950 и 1951 годов. В мае 1951 г. при Дальневосточном филиале Академии наук (ДВФАН) был создан отдел гидротехники и водохозяйственных проблем. За время его существования (1951–1958 г.) им были разработаны основные принципы использования водных ресурсов и борьбы с наводнениями на Дальнем Востоке.

1954 год. Посевные площади риса Приморскому Зерноживтресту утвердить в 1955 году 3800 га на уровне посевой площади 1954 года (из них с/з Сантахезский в 1954 г. – 1250 га, 1955 г. – 100 га)

Весьма показателен доклад т. Геркан И.Г. на совещании «По вопросу окончания строительства оросительных систем рисовых совхозов Приморского Зерноживтреста» от 2 июля 1954 г. В нем подводятся критические итоги развития оросительных систем в Приморском крае с 1926 по 1953 г. В этом же докладе ставятся задачи на предстоящие годы. «25 лет ведется проектирование и строительство оросительных систем. Из 14219 гектаров орошаемых земель в 1931 году к настоящему времени осталось только 5038 гектаров земель с оросительной сетью, из которых 984 гектаров совершенно не пригодных под посевы, а 4054 га кое-как засеваются рисом и поливаются. Проектированием достройки, реконструкции и расширения оросительных систем занимались многие проектные организации. Но проектирование до конца, как правило, не доводилось. Были похоронены проекты 1934–35 гг. Средне-Даубихинской и Платоно-Александровского массива, проект Дамбы обвалования Сантахезской системы. Похоронены и проектные задания 1940–1941 годов. Все эти годы, с 1930 по 1950, на строительство оросительных систем ежегодно отпускались солидные суммы капиталовложений, даже в годы Великой отечественной войны отпуск средств на достройку оросительных систем не прекращался. Но так как эти средства расходовались без проектов в целом на систему, а на поддержание возможности кое-как эксплуатировать недостроенные системы, то оросительные системы оставались в прежнем состоянии».

В Советском Союзе к вопросам мелиорации земель Дальнего Востока применялся комплексный подход. В 1960-е годы в СССР было создано Главное управление по мелиорации земель и строительству совхозов в районах Дальнего Востока «Главдальводстрой». В состав его входили не только строительные предприятия (ПМК), но и заводы по ремонту мелиоративной техники, снабженческие предприятия, информационно-вычислительные центры, научно-исследовательский институт «Союздальгипрорис», Дальневосточный мелиоративный техникум и другие предприятия и учреждения. Производственная деятельность «Главдальводстроя» осуществлялась в соответствии с пятилетним планом водохозяйственного строи-

тельства. Строились агропоселки, водохранилища, дамбы, дороги, мелиоративные системы и насосные станции. В период 1960–1990 г. на территории Приморского края мелиорации подверглись более 245 тыс. га сельскохозяйственных угодий.

В эти же годы были проведены крупнейшие почвенные изыскания на территории края. Были разработаны основы современной классификации почв юга Дальнего Востока. Составлена почвенная карта края масштаба 1:500000. Составлены карты отдельных районов и бассейнов рек и т.д.

Из интервью директора «Приморский НИИСХ» к.б.н. Емельянова А.Н.: «В 60–80-х гг. в крае построили порядка 60 тыс. масштабных инженерных рисовых систем с посевной площадью более 40 тыс. га, притом что средняя урожайность в советском Приморье доходила до 30 ц/га. Постепенно восстанавливается выращивание риса в Пограничном, Лесозаводском и Кировском районах. Пока что там возделываются небольшие площадки. А на традиционных площадях освоена лишь десятая часть от прежнего максимального объема».

К сожалению, развал Советского Союза и последовавшие за этим годы реформ губительно сказались и на рисоводстве, и на состоянии оросительных систем. Так, в 1996 г. были изданы распоряжения о бесперспективности содержания и использования сельской и водохозяйственной инфраструктуры, о консервации оросительных систем и переводе их в богарные земли. Естественно, необходимые действия по их обследованию, проведению землеустроительных работ для формирования участков и их границ (межевание) в соответствии с требованиями земельного законодательства не проводились.

В конце 2013 г. была принята Федеральная целевая программа «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014–2020 годы», на основании которой в государственную программу Приморского края была введена подпрограмма «Развитие мелиорации сельскохозяйственных земель Приморского края». Надеемся, что эти шаги по пути воссоздания мелиоративного комплекса на территории Приморского края окажутся не последними, действенными и эффективными. И, безусловно, здесь необходимо использовать исторический опыт и уроки мелиоративного строительства в крае.

Литература

1. ГАПК. Ф. Р-853, 68 ед.хр., 1926–1939, Оп. 2. Л. 43.
2. ГАПК. Ф. 853. Оп. 2. Д. 1.
3. ГАПК. Ф. 853. Оп. 2. Д. 6.
4. ГАПК. Ф. 853. Оп. 2. Д. 24.
5. ГАПК. Ф. 853. Оп. 2. Д. 58.
6. ГАПК. Ф. 853. Оп. 2. Д. 20.
7. ГАПК. Ф. 853. Оп. 2. Д. 30.
8. Пржевальский Н.М. Путешествие в Уссурийском крае, 1867–1869 гг. М.: Географгиз, 1947. 314 с.



РАЗДЕЛ 2

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ БАССЕЙНОВ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗЫ РАЗВИТИЯ СИТУАЦИИ

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕЛКИХ ОЗЕР

Компьютерное моделирование процессов затопления прибрежных территорий во время паводков и других явлений природного и техногенного характера является важным инструментом прогнозирования экологических и экономических последствий таких катастроф. Точность и актуальность такого моделирования увеличивается за счет комплексного использования современных численных методов, геоинформационных технологий и данных дистанционного зондирования поверхности Земли (см. [4]). Другим важным приложением численного моделирования динамики поверхностных вод является оценка эффективности противопаводковых и водоотводных мер, а также разработка рекомендаций по объемам сброса воды на различных гидротехнических сооружениях. Так, в работе [3] на основе цифровой модели рельефа и гидродинамической модели паводкового затопления проведено численное исследование эффективности проекта расчистки русел Волго-Ахтубинской поймы с целью увеличения площади территории паводкового затопления. В рамках эмпирически обоснованной стратегии пространственного распределения работ найдены оптимальные значения параметров проекта и паводкового гидрографа Волжской ГЭС.

В качестве математической модели распространения волн в мелких водоемах принято использовать уравнения мелкой воды (см., например, [1, 2, 5, 6]). Запишем основные уравнения движения в следующем виде:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(Hu)}{\partial x} + \frac{\partial(Hv)}{\partial y} = q, \quad (2.1)$$

$$\frac{\partial(Hu)}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(Hu^2 + \frac{1}{2}gH^2) + \frac{\partial(Huv)}{\partial y} = -\frac{1}{2}\lambda Hu\sqrt{u^2 + v^2} - gH\frac{\partial b}{\partial x} + f_x, \quad (2.2)$$

$$\frac{\partial(Hv)}{\partial t} + \frac{\partial(Hvu)}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y}(Hv^2 + \frac{1}{2}gH^2) = -\frac{1}{2}\lambda Hv\sqrt{u^2 + v^2} - gH\frac{\partial b}{\partial y} + f_y, \quad (2.3)$$

где u, v — компоненты вектора скорости $\mathbf{v}$, H — толщина слоя жидкости в точке (x, y) в момент времени t , q — функция источников или стоков, g — ускорение свободного падения, b — высота рельефа. Слагаемые f_x и f_y при необходимости могут описывать влияние силы Кориолиса, вязкости или ветра. Через $\eta = H + b$ будем обозначать уровень свободной поверхности воды. Ясное представление о смысле этих величин можно получить из рис. 2.1. Величину гидравлического трения λ будем определять по формуле

$$\lambda = \frac{2gn_M^2}{H^{4/3}}, \quad (2.4)$$

где n_M — коэффициент трения по Маннингу, описывающий свойства подстилающей поверхности. Функцию источников либо стоков q принято записывать в виде

$$q = q^{(s)} - q^{(inf)} - q^{(ev)}, \quad (2.5)$$

где $q^{(s)}$ — это приток за счет выхода грунтовых вод и осадков, $q^{(inf)}$ и $q^{(ev)}$ определяют потерю воды за счет инфильтрации (проникновения вод в почву) и испарения.

Первые слагаемые в правых частях уравнений (2.2) и (2.3) описывают компоненты силы трения о данную поверхность. Хорошо видно, что вектор силы трения направлен против вектора скорости. Вторые слагаемые в правых частях уравнений (2.2) и (2.3) отвечают за движение, порожденное силой тяжести и неровностями рельефа дна.

Следует отметить, что модель (2.1)–(2.5) не учитывает движение жидкости вдоль оси z и поэтому используется для описания течений тонкого слоя несжимаемой жидкости в плоскости xy , когда можно пренебречь потоками, перпендикулярными этой плоскости. Компоненты скорости u и v можно считать усредненными по толщине слоя жидкости.

Уравнения (2.1)–(2.5) дополняются начальными и граничными условиями для искомых величин u , v и H . Именно указанные условия обычно моделируют основные причины, вызывающие движение жидкости. В качестве таких причин часто выступает приток или сброс воды через определенный участок границы либо локальное повышение уровня воды в начальный момент времени.

Уравнения мелкой воды (2.1)–(2.5) нашли широкое применение при моделировании течений в неглубоких реках и озерах, при описании паводковых явлений, прорывов плотин и волн цунами. При этом особое внимание уделялось построению точных и экономичных численных методов решения рассматриваемой системы уравнений в частных производных (см. [1, 2]). Важной проблемой является учет рельефа достаточно произвольной формы, а также способность моделирования затопления сухой поверхности и процесса осушения. Для этого используются

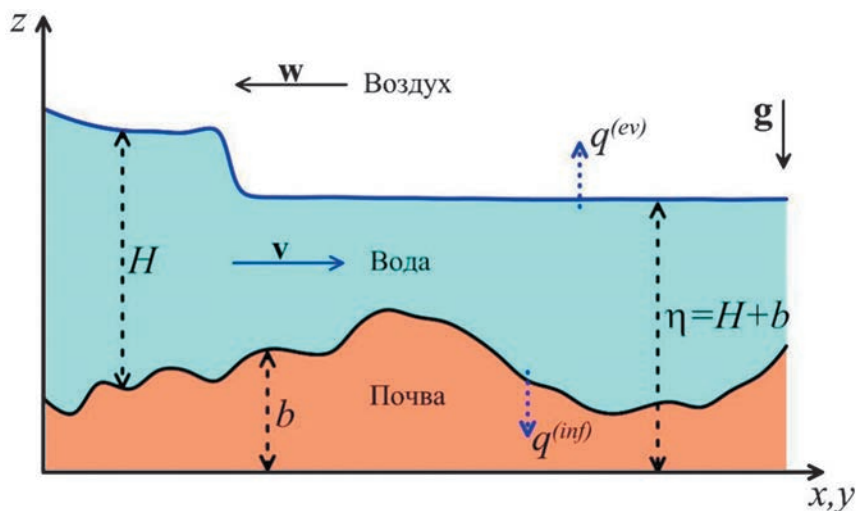


Рис. 2.1. Физический смысл основных величин модели

специальные консервативные алгоритмы на неструктурированных сетках (см. [7]). На данный момент существует большое множество различных численных методов для уравнений мелкой воды, и их выбор должен быть согласован со специфическими особенностями постановок решаемых задач.

В настоящей работе при моделировании течений воды в мелких водоемах использовался свободно распространяемый пакет программ с открытым кодом ANUGA (Australian National University, Geoscience Australia). Этот пакет был разработан в Австралийском национальном университете (г. Канберра) для моделирования процессов затопления прибрежных территорий во время паводков, разливов рек и озер, а также других природных катастроф типа цунами. В основу пакета положена численная реализация метода конечных объемов на треугольных сетках для консервативной формы уравнений мелкой воды. К достоинствам этого пакета программ можно отнести большой выбор вариантов задания граничных условий и начальных данных, наличие средств визуализации результатов расчетов, а также поддержку параллельных вычислений (см. [8]).

С использованием этого пакета программ были решены две модельные задачи затопления прибрежных территорий при разливе мелкого озера. Первая задача описывает глобальный процесс повышения уровня воды в рамках всего водоема. Ее решение показывает одновременное затопление различных участков побережья с учетом их особенностей. Роль возможной причины повышения уровня играл сброс воды на противоположном берегу озера. При этом в качестве основных параметров, влияющих на площадь затопленной прибрежной территории и скорость затопления, выступали суммарный объем сброшенной воды и время сброса. К особенностям побережья можно отнести наличие устьев и долин рек, заболоченных низменностей и мелких водоемов, систем каналов и защитных сооружений. Анализ влияния этих особенностей на процесс затопления был одной из целей решения данной модельной задачи.

Вторая задача более подробно моделирует затопление одного прибрежного участка, показывая влияние неровностей рельефа прибрежной зоны, наличия дамб и водоотводных каналов на скорость и направление распространения зоны затопления. Численно был решен ряд задач в различных постановках, учитывающих различное влияние защитных сооружений на изучаемый процесс.

Проведенные вычислительные эксперименты для выбранной топографии прибрежной территории позволяют выявить основные зоны затопления в окрестности озера. Это позволяет спрогнозировать возможные последствия рассматриваемых катастрофических явлений, оценить эффективность противопаводковых мер, помогая выбрать из всех предлагаемых подходов наиболее оптимальный.

Следует отметить, что численное моделирование паводковых явлений и разливов мелких озер носит комплексный характер и требует объединения совместных усилий различных специалистов из таких научных направлений, как математическое и компьютерное моделирование, геоинформационные технологии и анализ данных дистанционного зондирования поверхности Земли. Для проведения численных расчетов нужны данные о рельефе дна и прибрежных территорий, уровне воды в различные моменты времени, учет погодных условий, осадков и других факторов.

Научная кооперация представителей различных направлений в будущем позволит успешно решать важные региональные проблемы для конкретных территорий Приморского края.

Литература

1. Булатов О.В., Елизарова Т.Г. Регуляризованные уравнения мелкой воды и эффективный метод численного моделирования течений в неглубоких водоемах // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. 2011. Т. 51, № 1. С. 170–184.
2. Воеводин А.Ф., Никифоровская В.С., Виноградова Т.А. Математические модели для прогнозирования процесса распространения волн катастрофических паводков в системах открытых русел и водотоков // Вестник С.-Петерб. ун-та. 2009. Сер. 7, вып. 3. С. 139–144.
3. Воронин А.А., Васильченко А.А., Храпов С.С., Агафонникова Е.О. Анализ эффективности природовосстановительных проектов в эколого-экономической системе «Волжская ГЭС – Волго-Ахтубинская пойма» // УБС. 2014. Вып. 52. С. 133–147.
4. Воронин А.А., Елисеева М.В., Писарев А.В., Хоперсков А.В., Храпов С.С. Имитационные модели динамики поверхностных вод с использованием данных дистанционного зондирования: влияние рельефа местности // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2012. № 3. С. 54–62.
5. Дьяконова Т.А., Писарев А.В., Хоперсков А.В., Храпов С.С. Математическая модель динамики поверхностных вод // Вестник ВолГУ. 2014. Сер. 1, № 1. С. 35–44.
6. Крукиер Л.А., Чикин А.Л., Чикина Л.Г., Шабас И.Н. Моделирование гидрофизических процессов в водоемах с обширными районами мелководья. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2009. 244 с.
7. Medeiros S.C., Hagen S.C. Review of wetting and drying algorithms for numerical tidal model flow models // Int. J. Numer. Meth. Fluids. 2013. Vol. 71, N 4. P. 473–487.
8. Roberts S.G., Stals L., Nielsen J.M. Parallelization of a finite volume method for hydrodynamic inundation modelling // ANZIAM J. 2014. Vol. 48. P. C558–C572.

СПУТНИКОВОЕ РАДИОЛОКАЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ ОЗЕРА ХАНКА

Озеро Ханка является самым крупным трансграничным пресноводным водоемом на Дальнем Востоке. Озеро грушевидной формы с наибольшим расширением в северной части. Продольная (большая) ось ориентирована в меридиональном направлении и имеет длину 90 км; наибольшая ширина озера (малая ось), проходящая по перпендикуляру к большой оси, равна 67 км. В оз. Ханка впадает 24 реки, а вытекает одна р. Сунгач, которая является притоком р. Уссури [1]. Уровень воды в озере подвержен многолетним циклическим колебаниям, проявляющимся в изменении площади водной поверхности от 5010 до 3940 км² и объема воды от 22,6 до 12,7 км³ [3]. В последние годы уровень воды растет, что уже привело к большому экономическому ущербу.

Редкая сеть метеорологических и гидрологических станций на российской части водосбора Ханки и отсутствие гидрометеорологических сведений с китайской части водосбора затрудняют выявление причин повышения уровня воды в озере и прогнозирование его режима. Важным источником сведений о характеристиках подстилающей поверхности и атмосферы (осадки) являются данные спутникового дистанционного зондирования. Они позволяют на регулярной основе следить за изменчивостью стока крупных и мелких рек и площадью озер в различные сезоны, оценивать распределение осадков и состояние растительных покровов,

картировать рельеф местности, служат основой для улучшения гидрологических моделей и пр. [2, 4–11].

Зондирование Земли из космоса выполняется пассивными и активными устройствами, работающими в микроволновом (МВ), видимом и инфракрасном (ИК) диапазонах длин волн. Измерения в видимом диапазоне спектра (0,4–0,6 мкм) имеют высокое пространственное разрешение, но применимы только в светлое время суток и при отсутствии облаков. Пространственное разрешение датчиков, работающих в ИК диапазоне (в окнах прозрачности 3,4–4,2 и 10,5–12,5 мкм), уступает разрешению в видимом диапазоне, но измерения могут быть выполнены и в ночное время. Облачность, однако, препятствует получению данных о поверхности. Независимость от условий освещения и облачности является решающим преимуществом активного (радиолокационного – РЛ) и пассивного (радиометрического) зондирования поверхности в МВ диапазоне (на частотах от 1 до 300 ГГц).

Ниже основное внимание уделено анализу изображений водосбора оз. Ханка, полученных спутниковыми радиолокационными станциями с синтезированной апертурой (РСА). Пространственное разрешение изображений РСА меняется от единиц до 100 м при ширине полосы обзора от 10–20 до 100–500 км, что в сочетании с высокой чувствительностью к вариациям шероховатости поверхности обеспечивает оценку площади затоплений и слежение за состоянием водосбора. Именно поэтому при активации Международной хартии по космосу и крупным катастрофам для получения информации о наводнениях в первую очередь привлекаются изображения РСА. При наводнении на Амуре в августе–сентябре 2013 г. хартия 16 августа была активирована Китайской метеорологической администрацией (CMA) (Charter Call ID447) и 19 августа МЧС России (Charter Call ID449) (<https://www.disasterscharter.org/web/guest/home>). России и Китаю были оперативно отправлены изображения РСА со спутников RADARSAT-2 (Канада), RISAT (Индия) и TerraSAR-X (Германия).

Мониторинг наводнений является важнейшим приложением данных РСА со спутников Sentinel-1A и Sentinel-1B Европейского космического агентства (ЕКА) (European Space Agency – ESA), запущенных 3 апреля 2014 г. и 25 апреля 2016 г. соответственно (<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/thematic-areas/emergency-management/floods>).

В работе анализируются изображения РСА оз. Ханка и его водосбора при низком и высоком уровнях воды, демонстрирующие высокий потенциал спутниковых РСА.

Данные. РСА изображения оз. Ханка были получены со спутников ЕКА: ERS-1 (Earth Research Satellite), 1991–1996 гг., ERS-2, 1995–2011 гг., Envisat (Environment Satellite), 2002–2012 гг., и Sentinel-1A, 2014 по настоящее время; Японии: JERS-1 (Japan Earth Resources Satellite), 1992–1998 гг., ALOS-1 (Advanced Land Observing Satellite), 2006–2011 гг., и ALOS-2, 2014 по настоящее время. РСА на спутниках ЕКА излучают сигналы на частоте 5,6 ГГц (длина волны $\lambda = 5,7$ см, диапазон C), а спутники Японии – на частоте 1,275 ГГц ($\lambda = 23,5$ см, диапазон L). Со спутника JERS-1 излучение и прием РЛ импульсов осуществлялись на горизонтальной (Г) поляризации, ширина полосы обзора составляла 75 км. Технические характери-

стики PCA PALSAR приведены на сайте Японского аэрокосмического исследовательского агентства JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency) (http://www.eorc.jaxa.jp/en/hatoyama/satellite/satdata/jers_e.html). С 1992 по 1998 г. было получено 59 изображений. Со спутника Sentinel-1A зондирование выполняется в режиме Interferometric Wide Swath (IW) на двух поляризациях: одиночной ВВ (излучение и прием на вертикальной (В) поляризации) и скрещенной (ВГ) (излучение на В-и прием на Г-поляризациях) в полосе шириной 250 км. Технические характеристики PCA ASAR представлены на сайте ЕКА (<https://sentinel.esa.int/web/sentinel/user-guides/sentinel-1-sar>). В 2015–2016 гг. водосбор оз. Ханка 17 раз находился в пределах полосы обзора ASAR.

На изображениях PCA надежно идентифицируются элементы гидрологической сети (озера, поймы и русла рек, каналы), болота, а также гористые местности, лесные массивы, дороги, рисовые чеки, постройки, высоковольтные линии передачи и др., а вариации яркости изображений и измерения метеорологических станций (температура воздуха, скорость ветра, количество осадков) и гидрологических постов (уровень воды) служат основой для количественной оценки состояния водосбора [4–8].

По данным базы G-REALM (The Global Reservoir and Lake Monitor) (http://www.pescad.fas.usda.gov/cropeexplorer/global_reservoir/), подготовленной по данным альтиметрических измерений со спутников Topex/Poseidon, Jason-1, -2 в период с 1992 по 2016 г., наблюдались значительные изменения уровня оз. Ханка. Для анализа были выбраны изображения PCA за 22 июля 1993 г., когда уровень воды был ниже среднего, и за 28 сентября 2015 г. и 7 мая 2016 г., когда уровень был значительно выше среднего.

Озеро Ханка при низком и высоком уровне воды. Рассмотрим изображения PCA оз. Ханка и его водосбора на территориях России и Китая. Яркость РЛ изображения определяется величиной удельной эффективной площади рассеяния (УЭПР), обозначаемой обычно σ^0 , которая растет с увеличением шероховатости поверхности. Значения УЭПР зависят от длины волны λ и поляризации РЛ сигналов при излучении и приеме, от распределения крупномасштабных уклонов поверхности, от статистических характеристик мелкомасштабных шероховатостей поверхности и др. [7]. Влияние λ на УЭПР приводит, в частности, к тому, что поверхности с характерными размерами шероховатости $\delta \approx 3\text{--}7$ см выглядят темными (гладкими) на изображении PCA в L диапазоне (размер δ существенно меньше длины волны $\lambda = 23,5$ см) и светлыми (шероховатыми) на изображении в C диапазоне (размер δ соизмерим с $\lambda = 5,7$ см). Спокойная водная поверхность (озера при отсутствии ветра, искусственные водоемы, русловые области рек) выделяется на изображении по темному тону, поскольку рассеяние назад (в направлении на PCA) отсутствует. Немного светлее выглядят частично затопленные и болотистые области. С увеличением скорости ветра над открытой водой (волнения), а также с уменьшением суммарной площади затопленных участков суши значения УЭПР (яркости) растут (быстрее в C , чем в L диапазоне). Еще выше рассеяние (яркость) от холмистых и гористых участков суши и от поверхности воды при сильном ветре. Ярким тоном отображаются лес и вырубка леса, а также городские постройки из-за сильного

рассеяния на элементах конструкций, образующих уголкового отражатели, и от крыш [7]. Такие районы отчетливо видны на изображениях китайской территории. Основные закономерности рассеяния РЛ сигналов различными природными и антропогенными поверхностями рассмотрены в [7], а гидрологические приложения данных спутниковых РСА – в [5, 9, 10, 11].

На рис. 2.2 показаны изображения РСА водосбора оз. Ханка при низком и высоком уровнях воды, полученные со спутника JERS-1 в L диапазоне 22 июля 1993 г. (а) и со спутника Sentinel-1A в С диапазоне 7 мая 2016 г. (б) соответственно. Белые прямоугольники очерчивают границы фрагментов, представленных с полным разрешением на рис. 2.3 и 2.4.

Фрагмент 1, размером ≈ 21 км $\times$ 20 км, охватывает восточную часть оз. Малая Ханка и примыкающие к нему с севера и востока сельскохозяйственные районы. Хорошо видны отдельные поля, имеющие прямоугольную форму. Типичные размеры полей на территории России 50 $\times$ 100 м. На изображениях РСА уверенно выделяются более широкие дороги высотой порядка 1 м, окружающие

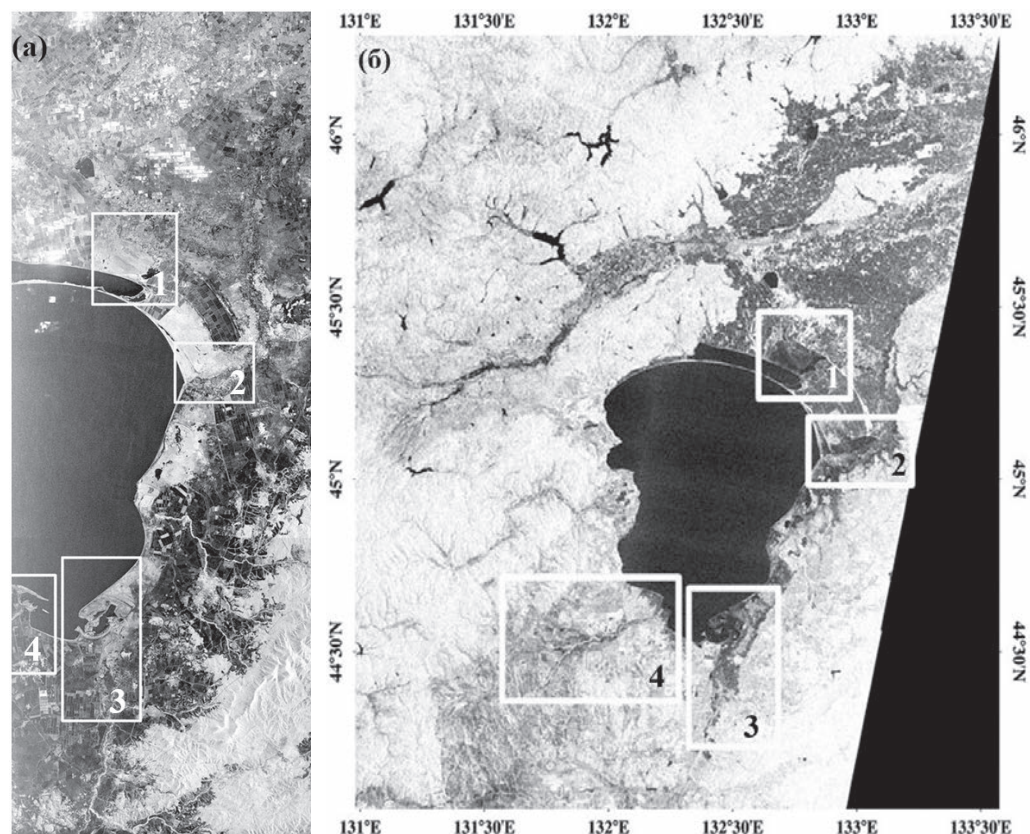


Рис. 2.2. Изображения РСА области оз. Ханка, полученные со спутника JERS-1 на ГГ поляризации в 01:50 Гр. 22 июля 1993 г. (а) и со спутника Sentinel-1A на ВГ поляризации в 21:21 Гр. 7 мая 2016 г. (б). Белые прямоугольники отмечают границы фрагментов изображений, представленных с полным разрешением на рис. 2.3 и 2.4

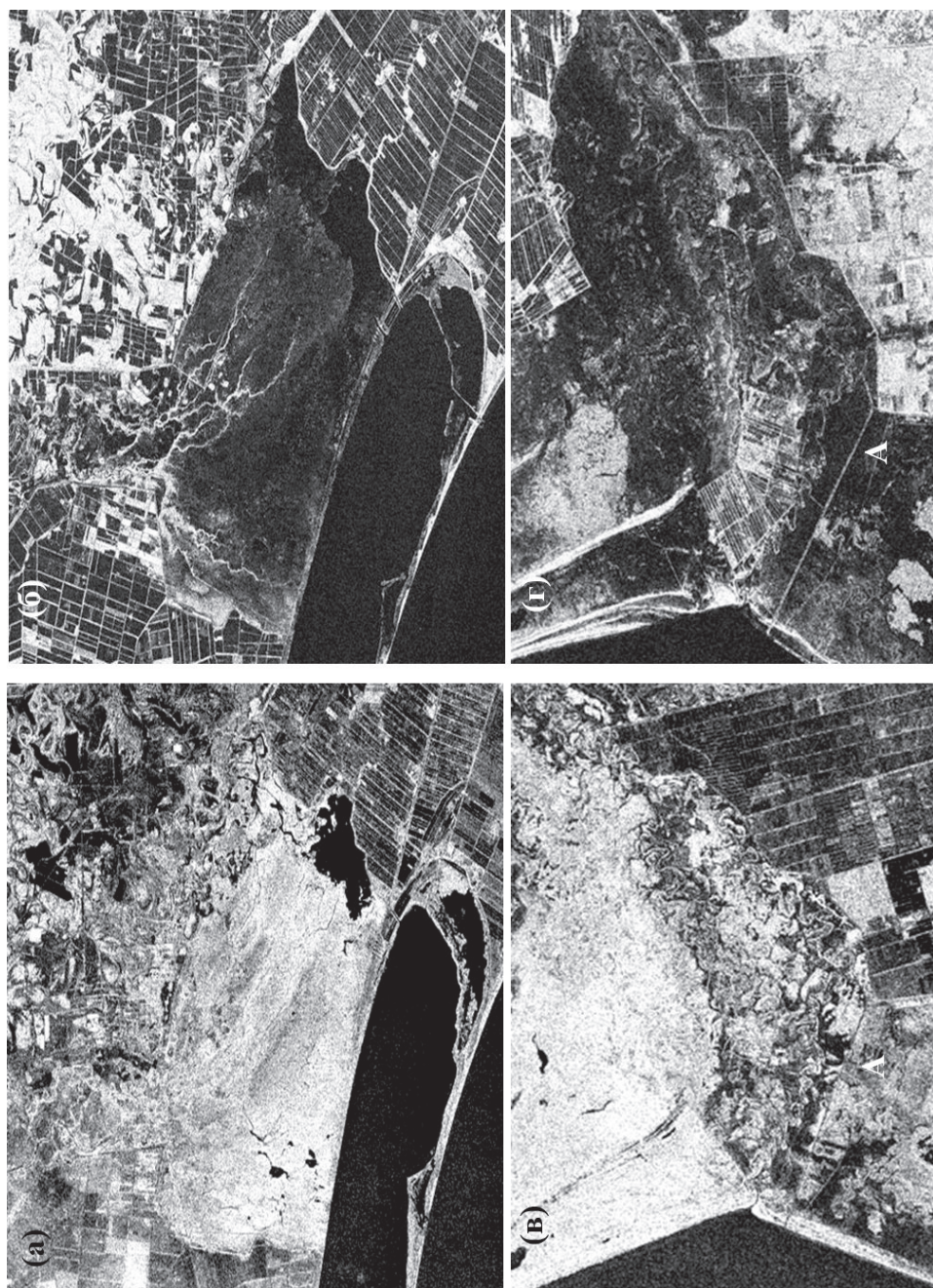


Рис. 2.3. Фрагменты изображений РСА 1 (а, б) и 2 (в, г) при уровне воды ниже среднего (а, в) и выше среднего (б, г). Уровень на посту «Астраханка» в мае 2016 г. – май 2016 г. Границы фрагментов очерчены белыми прямоугольниками на рис. 2.2

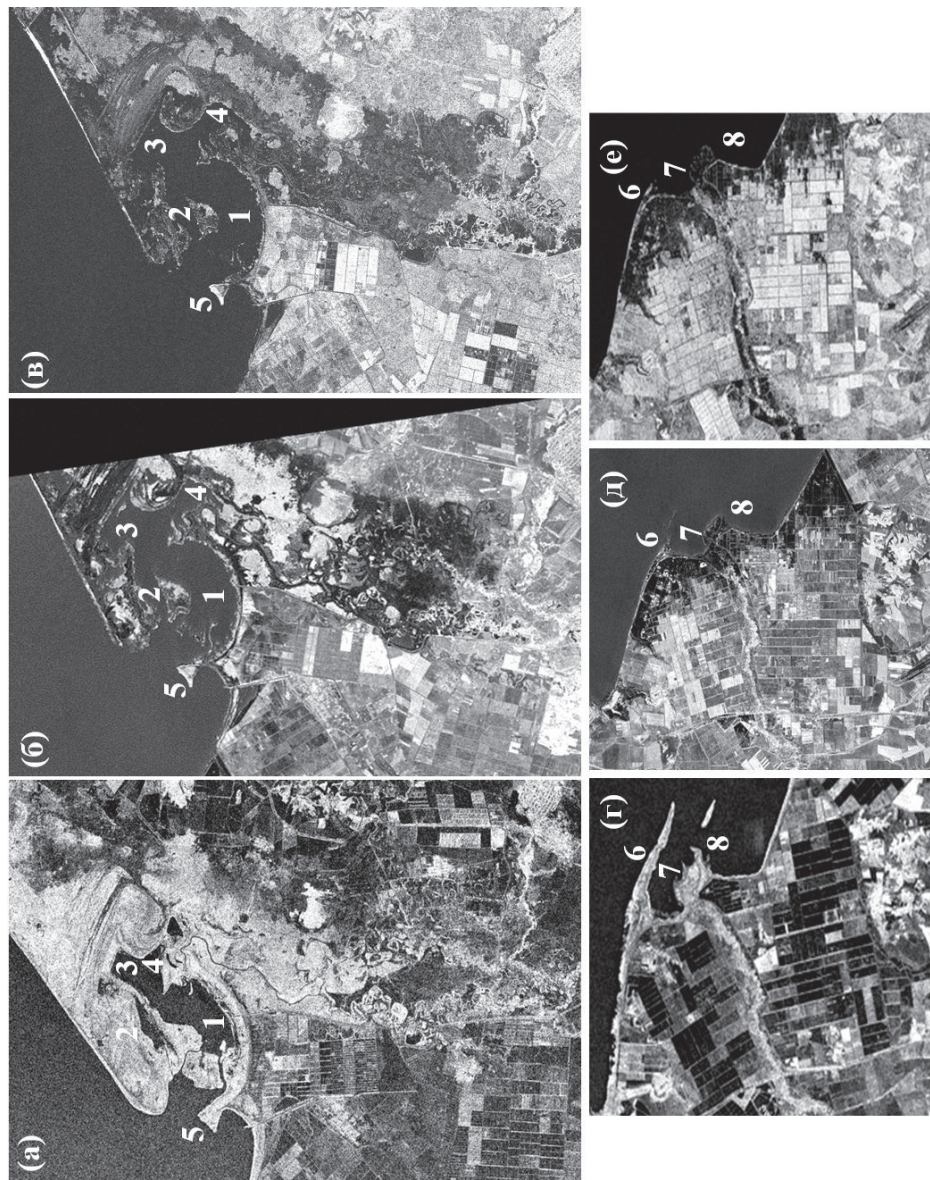


Рис. 2.4. Фрагменты изображений PCA бассейна р. Илистая и Ханкайского заповедника (а, б, в) и бассейна р. Мельгуновка (г, д, е) при уровне воды ниже среднего (а, г) (JERS-1 за 22 и 23 июля 1993 г.) и выше среднего (436 см – ст. Астраханка) (б, в, д, е). ALOS-2 за 28 сентября 2015 г. (б, д) и Sentinel-1A за 7 мая 2016 г. (в, е). Границы фрагментов отмечены белыми прямоугольниками на рис. 2.2

группы полей. Ориентация полей диктуется направлением стока воды. Основные уклоны местности визуализируются яркими линиями — валами, на которых проложены разделяющие поля дороги. Обширная область к северу от оз. Малая Ханка имеет светлый тон при низкой воде (рис. 2.3, а) и темный — при высокой (рис. 2.3, б). Темный тон свидетельствует о том, что значительные площади покрыты водой. Поля яркости восточной части оз. Малая Ханка также различаются: на рис. 2.3, а площадь светлых (незатопленных) участков значительно больше, чем на рис. 2.3, б.

На фрагменте 2, размером ≈ 19 км $\times$ 13 км, район оз. Ханка, где берет начало р. Сунгач, и примыкающие к реке китайская и российская территории с четко очерченными границами сельскохозяйственных полей. На рис. 2.3, в русло реки проявляется в виде темной узкой полосы, в то время как на рис. 2.3, г видны только отдельные светлые по тону меандры, окруженные темными пространствами открытой воды. Аналогично канал А на рис. 2.3, в темный, а на рис. 2.3, г — светлый. Как и на рис. 2.3, б, площадь затопленной территории на рис. 2.3, г значительно больше, чем при низкой воде (рис. 2.3, в).

Фрагмент 3, размером ≈ 21 км $\times$ 30 км, охватывает южную часть оз. Ханка с хорошо выраженной границей между восточной частью Ханкайского заповедника и озером, бассейн р. Илистая и сельскохозяйственные поля (рис. 2.4). Река Илистая отчетливо выделяется в виде или темной узкой полосы (рис. 2.4, а, в), или более широкой (рис. 2.4, б). Темным тоном на изображениях РСА показаны границы затоплений в районе Ханкайского заповедника и разлива рек Илистая и Дмитриевка. У близлежащих населенных пунктов, а также на территории Ханкайского заповедника различаются отдельные отмежевавшиеся заливы с изрезанными низкими сплавинными берегами (рис. 2.4, а). Некоторые из них представляют собой лагуны, расположенные в приустьевой части р. Илистая. Это озера Тростниковое 1 (площадь 22,8 км²), Протока 2 (5,37 км²), Гнилой Угол 3 и Крылово 4 (1,35 км²). В качестве природных реперных участков, по наличию и яркости которых можно примерно оценивать изменение уровня воды в озере, можно выбрать области вокруг горы Сопка Лузанова 5 высотой 101 м над уровнем моря. Ориентация рисовых чеков (карт), как и в Китае, зависит от рельефа местности и определяется преобладающим направлением стока воды.

Фрагмент 4, размером ≈ 19 км $\times$ 24 км, охватывает часть бассейна р. Мельгуновка, п-ова Калугина 6 и Стародевичанский 8 и расположенный между ними зал. Рыбачий 7. Повышение уровня воды хорошо видно при сравнении изображений прибрежной зоны озера на рис. 2.4, г и на рис. 2.4, д, е. Светлая полоса переменной ширины, узкий мыс, вытянутый в восточном направлении, небольшой остров и устьевая зона р. Мельгуновка едва различимы на рис. 2.4, д, е из-за покрывшей их воды. Значительно увеличилась площадь открытой воды в небольшом озере, которое отделено от оз. Ханка узкой полосой. Вода подошла к границам рисовых карт и занимает всю зону между валами, ограничивающими разлив р. Мельгуновка. Яркостные контрасты рисовых карт зависят от параметров спутниковой РСА, от стадии развития риса и характеризуются большим разнообразием, что требует привлечения дополнительных сведений для их интерпретации.

Таким образом, спутниковое радиолокационное зондирование в различных диапазонах длин волн и поляризациях излучаемых и принимаемых сигналов является эффективным методом мониторинга водосбора рек, элементов гидрологической системы и наводнений. При возникновении чрезвычайной ситуации радары с синтезированной апертурой обеспечивают оперативное получение изображений поверхности независимо от погодных условий. На изображениях РСА четко прослеживаются границы «вода—суша», переувлажненные участки поверхности, сельскохозяйственные поля, каналы и дороги, что позволяет применять их для слежения за динамикой паводков и наводнений независимо от государственных границ. Изображения РСА с таких спутников находятся в свободном доступе и могут быть использованы в оперативной работе. Для интерпретации вариаций яркости изображений РСА востребованы также изображения в видимом и ИК-диапазонах и продукты, полученные на их основе со спутников Aqua, Terra, Suomi NPP, Landsat, Метеор-М № 2 и др., пространственное разрешение которых меняется от 15–20 м до 250–375 м. Большая часть изображений, включая архивные, находятся в открытом доступе, что особенно важно при изучении возникновения и развития наводнений и других опасных явлений. Использование спутниковой информации в исследовательской и оперативной работе постоянно растёт, улучшается временное разрешение данных. Важным достижением ЕКА является запуск 25 апреля 2016 г. спутника Sentinel-1В, в результате чего в 2 раза увеличилось количество изображений РСА, применимых для мониторинга гидрологической обстановки.

Работа выполнена при поддержке проекта 15-И-1-009 о Дальний Восток и соглашения ТОИ ДВО РАН с Японским аэрокосмическим исследовательским агентством по спутнику ALOS-2. Авторы благодарят ЕКА за предоставление изображений РСА со спутника Sentinel-1А.

Литература

1. Васильковский М.Г. Гидрологический режим озера Ханка / под ред. В.Н. Глубокова, В.Г. Федорея. Л.: Гидрометиздат, 1978. 176 с.
2. Десятова Г.И., Киселевич Н.Г., Митник Л.М., Тетерятникова Е.П. Использование спутниковой информации в изучении дождевого паводка на Амуре // Водные ресурсы. 1988. № 5. С. 102–107.
3. Журавлев Ю.Н., Клышевская С.В. Проблемы регулирования уровня воды в бассейне озера Ханка (Приморский край) // Вестник ДВО РАН. 2015. № 5. С. 40–52.
4. Baup F., Frappart F., Maubant J. Combining high-resolution satellite images and altimetry to estimate the volume of small lakes // Hydrology and Earth System Sciences. 2014. Vol. 18. P. 2007–2020.
5. Baup F., Mougin E., de Rosnay P., et al. Mapping surface soil moisture over the Gourmamesoscale site (Mali) by using ENVISAT ASAR data // Hydrology and Earth System Sciences. 2011. Vol. 15, No. 2. P. 603–616.
6. Henderson F.M., Lewis A.J. Radar detection of wetland ecosystems: a review // International Journal of Remote Sensing. 2008. Vol. 29, No. 20. P. 5809–5835.
7. Jackson C.R., Apel J.R., Clemente-Colon P., Pichel W.G., Shuchman R.A., Wackerman C.C. Synthetic Aperture Radar Marine User's Manual. Washington, DC, 2004.
8. Kasischke S.E., Smitha K.B., Laura L., Bourgeau-Chavez L.L., et al. Effects of seasonal hydrologic patterns in south Florida wetlands on radar backscatter measured from ERS-2 SAR imagery // Remote Sensing of Environment. 2003. Vol. 88. P. 423–441.
9. Khan S.I., Hong Y., Wang J., Yilmaz K.Y., Gourley J.J., Adler R.F., Brakenridge G.R., Policelli F., Habib S., Irwin D. Satellite remote sensing and hydrologic modeling for flood inundation mapping in Lake Victoria basin: Implications for hydrologic prediction in ungauged basins // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 2011. Vol. 49. P. 85–95.

10. Martinis S., Rieke C. Backscatter Analysis using multi-temporal and multi-frequency SAR data in the context of flood mapping at River Saale, Germany // *Remote Sens.* 2015. Vol. 7. P. 7732–7752.

11. Pappenberge F., Dutra E., Wetterhall F., Cloke H.L. Deriving global flood hazard maps of fluvial floods through a physical model cascade // *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 2012. Vol. 16. P. 4143–4156.

12. Tinu A., Suresh R.C., Nizy M., Krishna M.K. Flood extent analysis over the major river basins in the Indian subcontinent using satellite microwave radiometric observations // *IEEE J. of Selected Topics in Applied Earth Observation and Remote Sensing.* 2015. Vol. 8, Issue 9. P. 4373–4378.

О ПРИМЕНЕНИИ ДАННЫХ СПУТНИКОВОЙ АЛТИМЕТРИИ К ИССЛЕДОВАНИЮ ИЗМЕНЧИВОСТИ УРОВНЯ ВОДЫ В ОЗЕРЕ ХАНКА

Озеро Ханка, большая часть которого расположена в России, а меньшая — в Китае, привлекает к себе внимание в связи со значительными негативными экологическими и социально-экономическими последствиями происходящего в последние годы подъема уровня воды. Для понимания причин этих изменений необходимо располагать сведениями об уровне, площади и объеме воды в озере, о процессах, происходящих на всем водосборе (расходы воды в реках, осадки, площади, занятые сельскохозяйственными и строительными объектами, и др.). При ограниченном количестве и низкой плотности метеорологических наблюдений на водосборе и прибрежных постах существенным, а во многих случаях и решающим источником информации являются данные спутникового дистанционного зондирования. Ниже будут рассмотрены результаты спутниковых измерений важнейшей характеристики — уровня воды в озере, которая по своей природе является интегральным показателем, поскольку отражает совокупное влияние приходной (осадки, подземные источники, реки и искусственные сооружения) и расходной частей (испарение, сток рек, искусственные сооружения) водного баланса всего водосбора.

Высокоточные измерения уровня Мирового океана вдали от берегов уже более 20 лет выполняются с помощью спутниковых радиолокационных (радарных) альтиметров (высотомеров). Альтиметр излучает короткие радиолокационные импульсы в направлении надира вдоль подспутниковой траектории (трека). Расстояние от спутника до подстилающей поверхности определяется по времени задержки отраженного импульса относительно зондирования. Уменьшение времени задержки означает повышение уровня поверхности при известном положении спутника на орбите. По изменениям формы отраженного импульса также оценивается скорость ветра и существенная высота волнения (средняя высота одной трети наибольших волн).

Отражение от неоднородной поверхности (границы воды и суши) приводит к росту погрешности оценки расстояния, что затрудняет использование альтиметрии для мониторинга прибрежных морских акваторий и внутренних водоемов (озер, водохранилищ, крупных рек). Специальные методы обработки отраженных импульсов (ретрекинг) позволяют снизить погрешности. Физические основы

спутниковой альтиметрии и особенности ее применения для внутренних водоемов подробно обсуждаются в [4].

Восстановленные по данным альтиметрии абсолютные уровни воды могут отличаться от измеренных на береговых постах, поскольку они найдены или относительно расчетного эллипсоида вращения, или относительно геоида — эквипотенциальной поверхности, положение которой определяется особенностями рельефа и плотностью залегающих пород. Высота геоида (относительно эллипсоида) может изменяться в пределах водоема. Ошибка определения уровня воды уменьшается при совместном анализе показаний альтиметров с нескольких спутников, для чего требуется предварительная кросс-калибровка измерений. Уровень воды в водоемах может быть измерен и зимой, с использованием специальных алгоритмов ретрекинга, т.к. пресноводный лед является полупрозрачной средой на частотах альтиметра.

Точность определения уровня воды на основе спутниковой альтиметрии во внутренних водоемах ниже, чем для морских акваторий вдали от берега (2–3 см), что связано со сложной формой импульсов и необходимостью введения дополнительных поправок и коррекций. Мониторинг внутренних водоемов предназначен для оценки объема воды в них по измерениям уровня, вариации которого могут составлять десятки сантиметров—метры. Достигнутая точность оценок в 10–20 см [7] вполне пригодна для решения этой задачи. Для ряда водоемов ошибки могут достигать нескольких десятков сантиметров (прохождение треков вблизи берега сложных очертаний, высокие берега) [7, 8].

Базы данных. В обзоре [8] обсуждаются крупные проекты и базы данных по спутниковому мониторингу внутренних водоемов, куда входит и оз. Ханка, которое пересекалось треками нескольких спутниковых альтиметров. Данные об уровне воды в оз. Ханка выбраны из трех архивов. Во всех случаях спутниковые измерения на акватории озера объединяются в единый временной ряд, представляющий средний уровень воды.

Архив TPJO.1 базы G-REALM Министерства сельского хозяйства США (United States Department of Agriculture — Foreign Agricultural Service; USDA-FAS) основан на измерениях системы спутников TOPEX/Poseidon (T/P) — Jason-1, Jason-2, последовательно находившихся на одной и той же орбите с октября 1992 г. по настоящее время; дискретность данных составляет 10 суток. (Несколько месяцев в 2002 г. на орбите одновременно находились спутники T/P и Jason-1 и в 2008 г. — Jason-1 и 2, что позволило выполнить кросс-калибровку). При обработке используются стандартный алгоритм ретрекинга для морских акваторий («Ocean») и алгоритм, учитывающий изменение формы импульса при наличии льда («Ice-1»). Такой подход применим к водоемам с линейными размерами более 10 км [4, 6, 8]. Для устранения выбросов проведено медианное сглаживание данных.

База DANITI (Database for Hydrological Time Series of Inland Waters) содержит среднемесячные данные об уровне воды, приведенные к середине водоема путем интерполяции вдольтрековых измерений разных спутников на основе фильтра Калмана — рекурсивного алгоритма интерполяции на основе неполных и зашумленных данных [10]. По мнению авторов, необходимым условием для улучшения

оценок является объединение измерений хотя бы двух спутников. Для оз. Ханка этому условию удовлетворяют данные за 2000–2011 гг. Другими способами повышения качества оценок служат аккуратный анализ формы отраженного импульса, применение оригинальных алгоритмов ретрекинга и отбраковка выбросов [10], следствием чего является наличие пропусков в данных.

База Hydroweb [6, 7], созданная в Лаборатории спутниковых геофизических и океанографических исследований (LEGOS), Франция, основана на осреднении (с месячной дискретностью) измерений всех доступных (обычно двух) спутников. Для расчетов применяются разработанные в Лаборатории алгоритмы ретрекинга для внутренних водоемов. Данные осредняются вдоль трека каждого спутника (в пределах водоема), с учетом вдольтрековых уклонов геоида, а затем выполняется кросс-калибровка и осреднение данных разных спутников. Данные для оз. Ханка доступны с января 2000 г. по февраль 2015 г., но с декабря 2011 г. они основаны только на данных спутника Jason-2 и даны с 10-дневной дискретностью. Среднее отклонение от данных прибрежного поста на оз. Ханка оценено как 13 см, но оно может возрастать до 30–40 см, а коэффициент корреляции равен 0.6, что ниже, чем для других озер [7].

Анализ альтиметрических данных об уровне оз. Ханка. Поскольку системы отсчета альтиметрических высот отличны от балтийской системы, к которой приведены измерения уровня воды на прибрежных постах, далее обсуждаются аномалии уровня, которые найдены как отклонения от средних для каждого временного ряда за период наблюдений. Оценки аномалий по данным баз Hydroweb и ДАНИТИ близки (рис. 2.5), несмотря на различия алгоритмов ретрекинга и методов объединения данных: коэффициент корреляции за общий период (2000–2011 гг.) составляет 0,85 (0,92 за 2000–2010 гг.), что удовлетворяет 95%-му уровню статистической значимости. Аномалии уровня по ДАНИТИ систематически выше аномалий по Hydroweb; разница составляет в среднем $\approx 0,3$ м. Зимой они возрастают до 0,5–0,8 м, что можно объяснить различием алгоритмов ретрекинга при наличии ледяного покрова [6, 7, 10]. Различия велики и в 2011 г., когда по Hydroweb отмечаются отрицательные аномалии уровня воды в течение всего года (рис. 2.5).

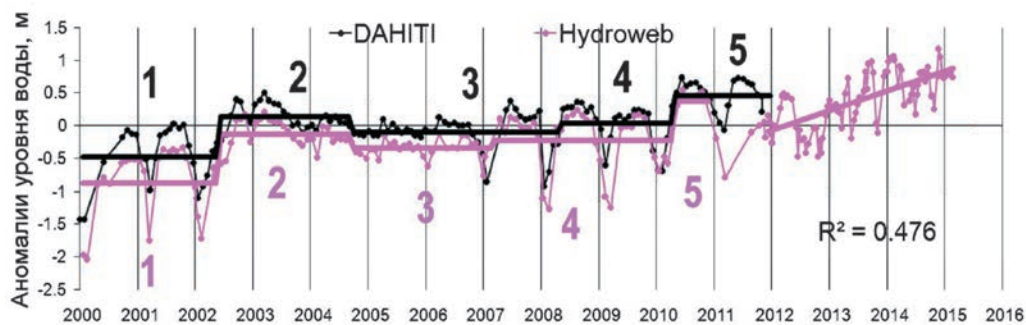


Рис. 2.5. Аномалии уровня воды в оз. Ханка (метры) по данным Hydroweb и ДАНИТИ. Прямыми линиями показаны межгодовые режимы и линейный тренд за 2012–2014 гг.

Аномалии уровня воды по данным базы G-REALM (рис. 2.6) существенно отличаются от двух других: коэффициенты корреляции с данными Hydroweb и DANIT1 составляют только около 0,6. В 2012–2014 гг. соответствие улучшается, а коэффициент корреляции с данными Hydroweb за этот период достигает 0,9, что объясняется использованием одних и тех же измерений спутника Jason-2. Как видно из рис. 2.6, в данных G-REALM не воспроизводится годовой ход уровня воды, свойственный данным двух других баз, а статистическая взаимосвязь обеспечивается сходной межгодовой изменчивостью. Эти различия связаны с использованием в G-REALM данных вдоль единственного трека Т/Р – Jason, проходящего в северо-восточной части озера вблизи берега (между 45.111° и 45.345° с.ш.), а также с различием применяемых алгоритмов ретрекинга.

По данным баз Hydroweb и DANIT1 годовой ход уровня воды в оз. Ханка хорошо выражен в 2000–2002 и 2007–2011 гг. (рис. 2.5). Сезонный минимум приходится на зиму (декабрь – февраль), сезонный максимум – на теплый период года, от июня до октября в разные годы, а размах годового хода составляет 1,0–1,5 м, что существенно превышает ошибки данных. Такой годовой ход можно связать с сезонными изменениями осадков, которые в Приморском крае значительны в период летнего муссона, тогда как зимой выпадает лишь 6–8% годовых осадков [1]. Напротив, в 2003–2006 гг. и в 2012 г. годовой максимум приходился на время таяния льда и снега (конец марта–апрель). В 2003 и 2012 гг. размах годового хода составлял 0,5–0,7 м, что превышает ошибки данных. В 2004–2006 гг. изменчивость уровня воды ослабевает, а размах сезонных колебаний составляет только 0,2–0,4 м, что превышает среднюю ошибку данных, но сравнимо с максимальными ошибками (рис. 2.5).

В 2000–2009 гг. в Приморском крае наблюдалось чередование лет с осадками, близкими к норме (за 1961–1990 гг.), и с дефицитом осадков, причем 2003 г. оказался особенно маловодным [1]. Вместе с тем различия характера годового хода уровня воды в оз. Ханка в этот период трудно связать с изменчивостью средних осадков в Приморском крае по работе [1], что требует отдельного рассмотрения.

Данные базы Hydroweb показывают, что хорошо выраженный годовой ход уровня воды в 2007–2011 гг. сменился сложной внутригодовой изменчивостью

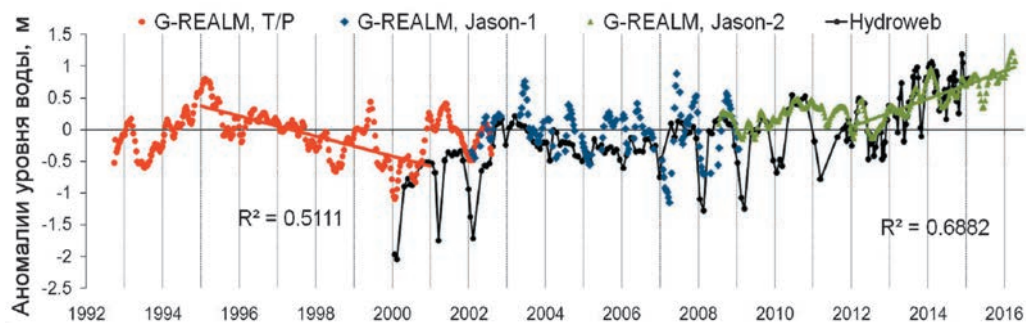


Рис. 2.6. Аномалии уровня воды в оз. Ханка (метры) по данным G-REALM и Hydroweb. Показаны линейные тренды уровня воды по данным G-REALM

в 2012–2014 гг. После апрельского максимума 2012 г. в июле–декабре отмечались колебания с размахом до 0,5 м. В 2013 г. максимумы наблюдались в январе–феврале, апреле и сентябре, а в 2014 г. – в январе, июле–августе и ноябре. Размах этих колебаний составлял от 0,4 до 1 м и более. Можно было бы предположить, что такой характер изменчивости является особенностью района, где проходит трек спутника Jason-2, по измерениям которого получены данные об уровне воды в 2012–2015 гг. Однако в 2000–2011 гг. подобных колебаний не наблюдалось ни по данным ДАНИТІ или Hydroweb, использующих измерения и других спутников, ни по данным G-REALM, основанным только на измерениях вдоль этого же трека (рис. 2.5, 2.6). Поэтому вывод об изменившемся с 2012 г. характере сезонной изменчивости уровня воды в оз. Ханка представляется правомерным.

Для исследования межгодовой изменчивости уровня воды в оз. Ханка применяются метод и программное обеспечение для выявления сдвигов климатического режима, разработанные С.Н. Родионовым [9]. Получены статистически значимые (с 90%-й обеспеченностью) режимы длительностью 2–3,5 года, которые характеризуются различными средними уровнями воды в оз. Ханка (рис. 2.5, табл. 2.1). Анализ проводился для периода 2000–2011 г. по данным ДАНИТІ и для периода 2000–2010 гг. по данным Hydroweb. (Последнее объясняется значительной отрицательной аномалией уровня воды в 2011 г. и наличием линейного тренда в 2012–2014 гг. по данным Hydroweb). В целом режимы, выявленные по обоим временным рядам, соответствуют друг другу, но, как и ожидалось, средние значения по данным Hydroweb ниже, чем по данным ДАНИТІ. Кроме того, по данным ДАНИТІ несколько сдвинут переход от режима 3 к режиму 4, а режим 5 наблюдается до конца 2011 г.

Сдвиги режимов связаны с изменениями характера годового хода, как обсуждалось выше. По данным Hydroweb режим 1 (январь 2000 г. – май 2002 г.) характеризуется хорошо выраженным годовым ходом с сезонными максимумами в период летнего муссона, а режиму 2 (июнь 2002 г. – август 2004 г.) свойственны сезонные максимумы в период таяния льда и снега. Режим 3 (сентябрь 2004 г. – февраль 2007 г.) характеризуется незначительной изменчивостью уровня воды, а режимы 4 и 5 (с марта 2007 г. до конца 2010 г.) – годовым ходом, как в режиме 1. Средний уровень воды в оз. Ханка повышается от режима 1 к режиму 2 на 0,6 м, понижается от режима 2 к режиму 3 на 0,2 м и повышается от режима 3 к режиму 4

Таблица 2.1. Межгодовые режимы уровня воды в оз. Ханка

ДАНИТІ					
Режим	1	2	3	4	5
Период	24.01.2000– 13.05.2002	12.6.2002– 30.8.2004	29.9.2004– 11.4.2008	11.5.2008– 1.4.2010	1.5.2010– 22.12.2011
Аномалия, (м)	-0,5	0,1	-0,1	0,0	0,5
Hydroweb					
Режим	1	2	3	4	5
Период	24.01.2000– 13.05.2002	12.6.2002– 30.8.2004	29.9.2004– 16.2.2007	18.3.2007– 1.4.2010	1.5.2010– 27.11.2010
Аномалия, (м)	-0,9	-0,1	-0,3	-0,2	0,4

и от режима 4 к режиму 5 на 0,1 м и 0,6 м соответственно (по данным Hydroweb; рис. 2.5, табл. 2.1).

В 2012–2015 гг. происходит подъем уровня воды в озере как от года к году, так и на внутригодовом масштабе, что выявлено по данным Hydroweb и G-REALM (рис. 2.5, 2.6). В среднем уровень растет на 0,3 м/год по данным Hydroweb за 2012–2014 гг. и на 0,2 м/год по данным G-REALM за 2012–2015 гг. Скорость роста по данным G-REALM увеличивается до 0,25 м/год при оценке за 2012–2014 гг., что все же несколько ниже, чем по данным Hydroweb. По данным G-REALM также воспроизводится тенденция падения уровня воды в 1995–2000 гг. в среднем на 0,16 м/год.

Площадь и объем воды. В отличие от других ресурсов в базе Hydroweb также содержатся оценки площади зеркала и изменения объема воды, основанные на спутниковых данных. Площадь зеркала оценивается по спутниковым изображениям в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах. Применяются автоматизированные процедуры, основанные на различиях коэффициента отражения (на нескольких длинах волн) от поверхностей с разными свойствами и выборе пороговых значений для отнесения пикселя (элемента) изображения к водной поверхности или суше [7]. Эти измерения возможны только в светлое время суток при ясном небе, в отсутствие облачности, тумана или дымки, что ограничивает возможности оценки площади зеркала. Поэтому по имеющимся парам «уровень–площадь» оцениваются функциональные (квадратичные) зависимости между двумя параметрами, которые используются для заполнения пропусков восстановлением площади зеркала по значению уровня воды [7]. При этом экстраполяция (восстановление площади по значениям уровня вне пределов, по которым оценивалась зависимость) не производится, вследствие чего в данных могут быть пропуски. Существенно, что уровень воды и площадь зеркала оцениваются по разным видам спутниковых данных, дополняющих друг друга. Оценки объемов вод внутренних водоемов затруднительны ввиду недостаточности данных о топографии дна, однако, при определенных предположениях, можно оценить среднюю скорость изменения объема за некоторый временной интервал по значениям уровня воды и площади зеркала в начальный и конечный моменты времени [7].

Средняя площадь зеркала оз. Ханка по данным Hydroweb за 2000–2014 гг. составляет 4110 км², а ее среднеквадратичное отклонение (СКО) равно 2,4 км². Абсолютная величина (без учета знака) средней скорости изменения объема вод озера, оцененная по изменениям уровня воды и площади зеркала за временные интервалы 10–80 дней, составляет в среднем 10 км³/год, а ее СКО равно 14 км³/год, что говорит о значительном разбросе данных. Функциональная зависимость между уровнем воды и площадью зеркала основана лишь на 7 случаях их одновременного расчета за весь период наблюдений (личное сообщение Ж.-Ф. Крето) из-за высокой вероятности облачности, наличия тумана или дымки, размывающей границы «вода–суша» на спутниковых изображениях. Сделанные оценки являются поэтому весьма приближенными и приведены лишь для демонстрации потенциальных возможностей мультисенсорного подхода (совместного анализа спутниковых данных, полученных с помощью разных инструментов).

В настоящей работе выполнена оценка изменчивости уровня воды в оз. Ханка путем сравнения данных спутниковой альтиметрии об озерах из международных баз данных, свободно распространяемых в сети Интернет. При анализе данных за 2000–2011 гг. выявлены квазистационарные режимы, характеризующиеся колебаниями относительно некоторых средних значений уровня воды. Показано, что эти режимы различаются характером сезонной изменчивости уровня воды. Начиная с 2012 г. этот характер резко изменился: на фоне значительных внутригодовых колебаний (2–3 осцилляции в год) наблюдается рост уровня воды в озере со средней скоростью 0,2–0,3 м/год.

Для оценки площади зеркала оз. Ханка представляется перспективным использование не только спутниковых оптических изображений, но и изображений радиолокационных станций с синтезированной апертурой (РСА), которые могут быть получены независимо от времени суток и облачности. Обсуждение возможностей спутниковой радиолокации для идентификации динамических структур на морской поверхности выполнено в обзорах [2, 3], автоматизированные процедуры оценки площади зеркала озер обсуждаются в работе [5].

Литература

1. Кубай Б.В., Мендельсон Э.А., Цурикова Т.В. Изменяется ли климат Приморского края? Владивосток: ФГБУ «Приморское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды», 2012. 130 с.
2. Митник Л.М. Микроволновое зондирование системы океан–атмосфера: состояние и перспективы исследований // Вестник ДВО РАН. 2003. № 3. С. 47–55.
3. Митник Л.М., Трусенкова О.О., Лобанов В.Б. Дистанционное радиофизическое зондирование океана и атмосферы из космоса: достижения и перспективы (обзор) // Вестник ДВО РАН. 2015. № 6. С. 5–20.
4. Троицкая Ю.И., Рыбушкина Г.В., Соустова И.А. и др. Спутниковая альтиметрия внутренних водоемов // Водные ресурсы. 2012. Т. 39, № 2. С. 169–185.
5. Baup F., Frappart F., Maubant J. Combining high-resolution satellite images and altimetry to estimate the volume of small lakes // Hydrol. Earth Syst. Sci. 2014. V. 18. P. 2007–2020.
6. Cretaux J.-F., Jelinski W., Calmant S., et al. SOLS: A lake database to monitor in the Near Real Time water level and storage variations from remote sensing data // Advances in Space Research. 2011. V. 47. P. 1497–1507.
7. Cretaux J.-F., Abarca-del-Rio R., Bergé-Nguyen M., et al. Lake Volume Monitoring from Space // Surveys in Geophysics. 2016. V. 437. P. 269–305.
8. Ricko M., Birkett C.M., Carton J.A., Cretaux J.-F. Intercomparison and validation of continental water level products derived from satellite radar altimetry // Journal of Applied Remote Sensing. 2012. V. 6, N 1.
9. Rodionov S.N. A sequential algorithm for testing climate regime shifts // Geophys. Res. Lett. 2004. V. 31. L09204.
10. Schwatke C., Dettmering D., Bosch W., Seitz F. DAHITI – an innovative approach for estimating water level time series over inland waters using multi-mission satellite altimetry // Hydrol. Earth Syst. Sci. 2015. V. 19. P. 4345–4364.

ЦИКЛЫ В РЕГИОНАЛЬНЫХ ЦЕНТРАХ ДЕЙСТВИЯ АТМОСФЕРЫ НАД ДАЛЬНИМ ВОСТОКОМ

Озеро Ханка расположено в сфере влияния азиатского муссона, поэтому колебания уровня оз. Ханка во многом определяются интенсивностью этого муссона. Интенсивность и продолжительность осадков обуславливается муссонной циркуляцией, которая в свою очередь зависит от изменчивости давления в региональных центрах действия атмосферы (ЦДА) (рис. 2.7).

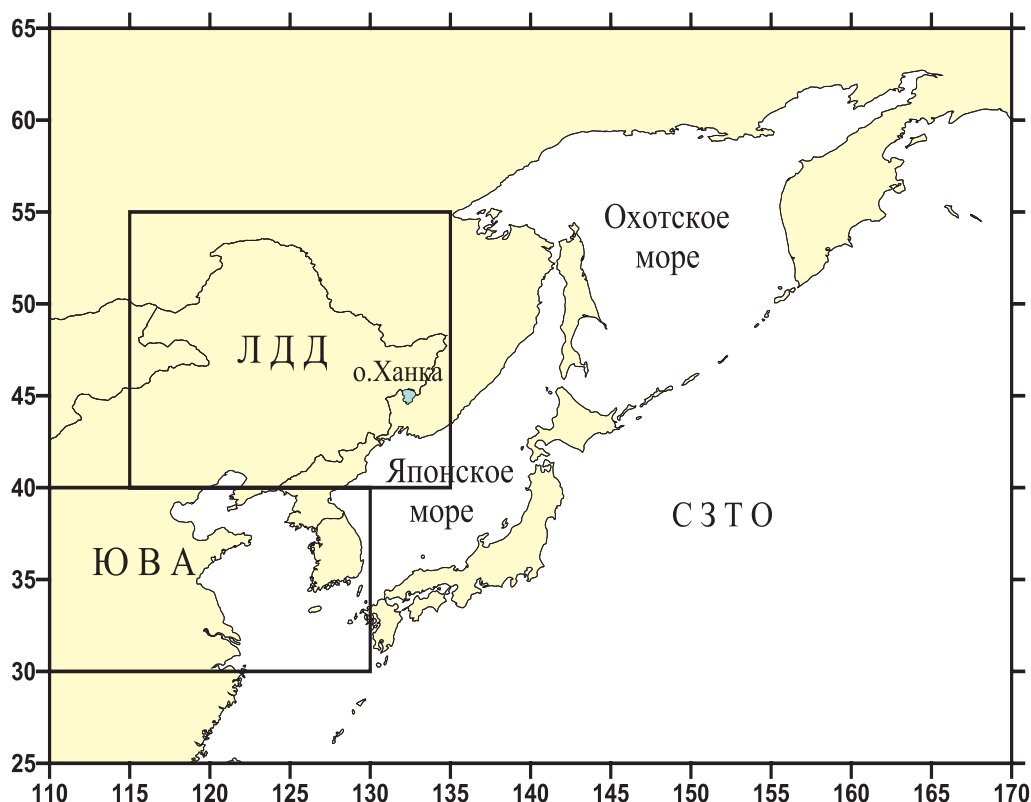


Рис. 2.7. Районы расположения центров действия атмосферы в Азиатско-Тихоокеанском регионе. ЛДД — летняя дальневосточная депрессия (40–55° с.ш., 115–135° в.д.); ЮВА — Юго-Восточная Азия (30–45° с.ш., 100–130° в.д.); СЗТО — северо-западная часть Тихого океана (30–45° с.ш., 140–160° в.д.)

Дальневосточная депрессия. Летняя дальневосточная депрессия (ЛДД), расположенная над северо-восточным Китаем и примыкающими к нему районами Приамурья и Монголии, является климатически достаточно устойчивым барическим образованием теплого полугодия. Взаимодействие летней дальневосточной депрессии с тихоокеанским и охотским антициклонами способствует интенсивному переносу воздушных масс с океана на континент и установлению летнего муссона над дальневосточными районами.

Охотский антициклон (ОА). В период май–август над Охотским морем часто наблюдаются области высокого давления. В формировании летней погоды на Дальнем Востоке роль области высокого давления над Охотским морем и прилегающими к нему районами является определяющей.

Юго-Восточная Азия. Летом район Юго-Восточной Азии является районом выхода глубоких южных циклонов и тайфунов.

В работе основной акцент делается на изучении длиннопериодных колебаний, связанных скорее не с локальными, а с глобальными процессами, влияющими на уровень оз. Ханка, такими, как явление Эль-Ниньо.

Такая постановка вопроса делает необходимым повысить точность вычисления коэффициентов Фурье в условиях, когда соответствующие колебания в некоторых районах происходят на фоне достаточно сильного линейного тренда.

Пусть функция $x(t)$ задана в целочисленных точках $t = 1, \dots, T + 1$ равенством $x(t) = at + b + \sum_{k=1}^T c_k \exp\left(\frac{2\pi ikt}{T}\right)$, где i – мнимая единица.

Необходимо вычислить модули s_k коэффициентов Фурье $c_k = r_k + ij_k$, $k = 1, \dots, T$, не вычисляя коэффициенты a , b , которые оцениваются методом наименьших квадратов с ошибками. Введем функцию $\Delta x(t) = x(t+1) - x(t)$, $t = 1, \dots, T$, тогда

$$\Delta x(t) = a + \sum_{k=1}^T c_k \left[\exp\left(\frac{2\pi ikt}{T}\right) - 1 \right] \exp\left(\frac{2\pi ikt}{T}\right), t = 1, \dots, T$$

и, значит, выполняются равенства

$$c_k = r_k + ij_k = \sum_{t=1}^T \frac{\Delta x(t) \exp\left(-\frac{2\pi ikt}{T}\right)}{T \left[\exp\left(\frac{2\pi ikt}{T}\right) - 1 \right]}.$$

Отсюда следуют равенства

$$r_k = \sum_{t=1}^T \frac{\Delta x(t) \left[\left(\cos \frac{2\pi k}{T} - 1 \right) \cos \frac{2\pi kt}{T} + \sin \frac{2\pi k}{T} \sin \frac{2\pi kt}{T} \right]}{T \left[\left(\cos \frac{2\pi k}{T} - 1 \right)^2 + \sin^2 \frac{2\pi k}{T} \right]}, \quad (2.6)$$

$$j_k = - \sum_{t=1}^T \frac{\Delta x(t) \left[\left(\cos \frac{2\pi k}{T} - 1 \right) \sin \frac{2\pi kt}{T} + \sin \frac{2\pi k}{T} \cos \frac{2\pi kt}{T} \right]}{T \left[\left(\cos \frac{2\pi k}{T} - 1 \right)^2 + \sin^2 \frac{2\pi k}{T} \right]}, \quad (2.7)$$

$$s_k = \sqrt{r_k^2 + j_k^2}, \quad k = 1, \dots, T - 1. \quad (2.8)$$

Используя формулы (2.6)–(2.8), исследуется цикличность в приземном поле давления в региональных центрах действия атмосферы над Дальним Востоком.

Наиболее контрастным выглядит поведение кривых приземного давления и температуры воздуха в районах ЛДД и ОА (рис. 2.8).

В табл. 2.2–2.5 представлены модули коэффициентов Фурье для 5–10-летних периодов в приземном поле давления над ЦДА в 1985–2015 гг., поскольку эти периоды наиболее сильно влияют на экстремумы представленных кривых.

Видно, что 5-летние циклы практически для всех районов обнаруживаются в марте и апреле, т.е. в переходный период перестройки зимних процессов на летние (табл. 2.2). Этот цикл обусловлен усилением влияния на СЗТО и Японское море гребня гавайского антициклона.

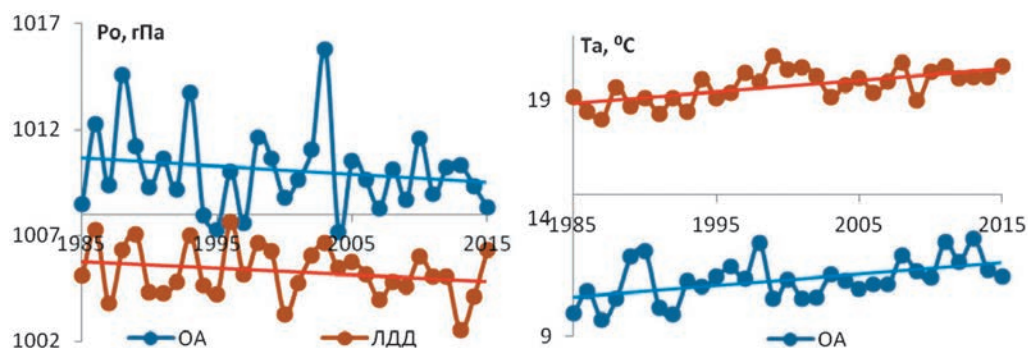


Рис. 2.8. Изменчивость приземного давления и температуры воздуха над областью летней дальневосточной депрессии и Охотским морем в июле 1985–2015 гг.

Таблица 2.2. Модули коэффициентов Фурье для 5-летнего периода в приземном поле давления над ЦДА в 1985–2015 гг.

ЦДА	ЛДД	ЮВА	ОА	Яп. море	СЗТО
Январь	0,220	0,054	0,361	0,377	0,594
Февраль	0,392	0,473	0,850	0,212	0,192
Март	0,646	0,409	0,524	0,860	0,936
Апрель	0,549	0,428	0,315	0,587	0,510
Май	0,289	0,187	0,452	0,122	0,086
Июнь	0,114	0,103	0,129	0,052	0,160
Июль	0,339	0,221	0,145	0,190	0,057
Август	0,031	0,010	0,242	0,119	0,147
Сентябрь	0,121	0,047	0,354	0,169	0,183
Октябрь	0,168	0,131	0,190	0,256	0,056
Ноябрь	0,609	0,184	0,420	0,683	0,887
Декабрь	0,460	0,404	0,285	0,182	0,445

Примечание. Здесь и в табл. 2.3–2.5 жирным шрифтом выделены модули $> 0,3$.

Таблица 2.3. Модули коэффициентов Фурье для 6-летнего периода в приземном поле давления над ЦДА в 1985–2015 гг.

ЦДА	ЛДД	ЮВА	ОА	Яп. море	СЗТО
Январь	0,069	0,035	0,246	0,091	0,387
Февраль	0,591	0,058	0,823	0,176	0,337
Март	0,142	0,147	0,218	0,155	0,083
Апрель	0,109	0,047	0,044	0,127	0,077
Май	0,235	0,106	0,095	0,108	0,053
Июнь	0,301	0,123	0,443	0,113	0,039
Июль	0,051	0,118	0,735	0,109	0,133
Август	0,221	0,147	0,351	0,180	0,138
Сентябрь	0,251	0,033	0,188	0,017	0,018
Октябрь	0,032	0,094	0,276	0,225	0,269
Ноябрь	0,289	0,044	0,318	0,032	0,182
Декабрь	0,372	0,061	0,221	0,275	0,666

Таблица 2.4. Модули коэффициентов Фурье для 7-летнего периода в приземном поле давления над ЦДА в 1985–2015 гг.

ЦДА	ЛДД	ЮВА	ОА	Яп. море	СЗТО
Январь	0,030	0,066	0,177	0,021	0,130
Февраль	0,022	0,311	1,368	0,341	1,051
Март	0,207	0,481	0,498	0,272	0,052
Апрель	0,347	0,035	0,698	0,395	0,584
Май	0,026	0,047	0,608	0,010	0,023
Июнь	0,058	0,023	0,306	0,237	0,141
Июль	0,456	0,016	0,315	0,103	0,196
Август	0,029	0,054	0,206	0,104	0,274
Сентябрь	0,186	0,022	0,142	0,154	0,014
Октябрь	0,037	0,082	0,122	0,084	0,056
Ноябрь	0,650	0,198	0,582	0,292	0,358
Декабрь	0,440	0,357	0,004	0,329	0,261

Видно (табл. 2.3), что частота появления 6-летнего цикла заметно уступает 5-летнему. Он обнаруживается в основном в июне–августе над Охотским морем. Возможно, этот летний цикл связан с 5–6-летними циклами, наблюдающимися в теплом течении Куросио.

Видно (табл. 2.4), что в региональных ЦДА, расположенных над континентальным побережьем Дальнего Востока, 7-летний цикл обнаруживается в апреле, июле, ноябре и декабре (ЛДД) и марте и декабре (ЮВА). Наибольшее проявление этого цикла, соответствующего явлению Эль-Ниньо, отмечается над Охотским морем в феврале–мае и ноябре.

10-летний цикл (табл. 2.5) близок к 11-летнему циклу солнечной активности. Видно, что в марте он обнаруживается практически для всех районов. В июне цикл обнаруживается для континентальных районов и в Японском море. Для морских ЦДА он не отмечается. Это может быть связано с тем, что в июне Азия

Таблица 2.5. Модули коэффициентов Фурье для 10-летнего периода в приземном поле давления над ЦДА в 1985–2015 гг.

ЦДА	ЛДД	ЮВА	ОА	Яп. море	СЗТО
Январь	0,265	0,076	0,553	0,053	0,164
Февраль	0,223	0,155	0,488	0,342	0,839
Март	0,609	0,436	0,474	0,320	0,382
Апрель	0,164	0,220	0,371	0,082	0,096
Май	0,238	0,085	0,421	0,163	0,115
Июнь	0,444	0,340	0,104	0,356	0,208
Июль	0,112	0,187	0,119	0,197	0,163
Август	0,036	0,049	0,448	0,057	0,143
Сентябрь	0,364	0,177	1,203	0,078	0,071
Октябрь	0,729	0,420	0,930	0,620	0,716
Ноябрь	0,451	0,073	1,243	0,269	0,603
Декабрь	0,236	0,176	0,357	0,326	0,497

нагревается в большей степени, чем морские районы, в которых еще сохраняются холодные воздушные массы. Видно, что во всех районах наиболее мощный 10-летний цикл проявляется в сентябре, октябре и ноябре, т.е. для осеннего и предзимнего периода.

В поле приземного давления в области летней дальневосточной депрессии, под влиянием которой находится оз. Ханка, выявлены длиннопериодные циклы. Показано, что в переходные сезоны (март, апрель и октябрь, ноябрь) обнаруживаются значимые циклы для всех ЦДА, в апреле это 5-летний цикл, а в октябре — 10-летний. Таким образом, климатический режим оз. Ханка (осадки, температура воздуха) обусловлен метеорологическими условиями над Азией и Тихим океаном, экстремумы в которых определяются цикличностью от 5 до 10 лет, т.е. сопоставимы с крупномасштабным явлением Эль-Ниньо.

МОРФОСТРУКТУРНО-СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ БАССЕЙНА ОЗЕРА ХАНКА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (ВОПРОСЫ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ)

В настоящее время комплект карт общего сейсмического районирования (ОСР-97-А, В, С) [6 и др.] принят в качестве основного нормативного документа. В последующем появилась карта детального сейсмического районирования на юг Дальнего Востока [5] и уточненная карта сейсмического районирования Приморского края [4]. Все указанные модели имеют свои преимущества, что отражено в соответствующих публикациях [4–6]. Однако в условиях в целом недостаточной и неравномерной изученности, а также мелкомасштабности соответствующих карт геоморфологами ТИГ были даны предложения по широкому использованию морфоструктурных построений, как дополнительных к уже существующим [3, 7, 9 и др.].

Некоторые теоретические положения отражены в табл. 2.6.

На территории бассейна оз. Ханка проведены комплексные морфоструктурно-палеосейсмогеологические исследования, цель которых заключалась в изучении морфоструктурного плана, особенностей эволюции кайнозойской и современной геодинамики высокопорядковых региональных морфоструктур и оценке потенциальной сейсмической опасности территории по новым данным. Работы выполнялись на принципиально новой методологической основе: впадина оз. Ханка вместе с окружающими ее прибрежными равнинами и системой низкорослых хребтов и сопок по периферии рассматривается как единая крупная морфоструктура (мега-КМС) диаметром 300–350 км, относящаяся к классу кольцевых морфоструктур Земли.

Наиболее важными элементами Ханкайской мега-КМС являются концентрические «каркасные» разломы, которые особенно хорошо выражены в восточной ее половине и южном секторе, где они контролируют рисунок гидросети, строение речных долин, ориентировку горных хребтов и другие особенности рельефа региона.

Таблица 2.6. Линеаментно-доменно-очаговая модель (морфоструктурные аспекты)

Идентификация ВОЗ	1-й этап — «вся территория разделяется на регионы, генетически единые в тектоническом, геодинамическом и сейсмотектоническом отношении» [Природные опасности России. Т. 2. С. 79] 2-й этап — в каждом из регионов выделяют: линеаменты (Л) — концентрация сейсмичности в линейные зоны с $M > 6.0$, домены (Д) — крупные области рассеянной сейсмичности с $M < 5.5$, потенциальные очаги (ПО) — локальные участки с аномально высокой концентрацией сейсмичности с $M > 6.0^*$	
Замечания	Причины	Предложения
Выделение сейсмотектонических регионов (1-й этап) по сейсмическим данным недостаточно	- Сейсмостанций мало, они часто не точны - Малый период наблюдений, часты «окна»	Совместный анализ и синтез сейсмических и геолого-геоморфологических данных на основе морфогенетической типизации МС
Анализ ЛДПО-модели (2-й этап) без учета слабомагнитудных ЗТ неверен	- Слабомагнитудные ЗТ при малой h имеют высокие баллы по шкале MSK-64 - Рой слабомагнитудных ЗТ предвещает подготовку сильномагнитудных ЗТ	Анализировать ЗТ любых M, h др. совместно с разными типами МС и их тенденцией накапливать напряжения при медленных тектонических движениях
Практически не используются региональные и локальные палеосейсмогеологические данные В.П. Солоненко, Б.П. Важенина, А.В. Олейникова и др.	- Площадное дешифрирование АФС и КС трудоемко и требует детальных знаний региональной геологии, морфотектоники, ландшафтно-климатических и других условий - Трудно реконструировать возраст и силу ЗТ	Морфоструктурный анализ позволяет наметить сеймо-структуры, современный геодинамический режим, сузить район поисков и предвидеть типы сейсмодислокации, а также «рапознавать их образы» на АКС
Не в полной мере используются региональные геофизические и петрофизические модели сейсмичности	Модели хорошо обоснованы физически, но относительно слабо аргументированы геологически и морфотектонически	МС — объемные тектонические структуры длительного развития, поэтому целесообразен совместный анализ и синтез геофизических и морфоструктурных данных
Редко учитывается наведенная сейсмичность и другие техногенные факторы	Слабо изучены взаимосвязи эндогенных, экзогенных и техногенных явлений и процессов	Комплексный анализ эндо-динамической, экзодинамической и технодинамической опасностей на морфоструктурной основе
Слабо или не учитываются историко-археологические данные	На территории ДВР нет летописей, но они есть в Китае	Единые сейсмоконтролирующие МС позволяют предполагать аналогичные явления
Современные вертикальные и горизонтальные, движения по геодезическим и GPS данным практически не востребованы	Мало данных, и они разрозненные	Анализ и синтез соответствующих данных на морфоструктурной основе

* Сокращения: МС — морфоструктуры, ЗТ — землетрясения, h — глубина очага, M — магнитуда.

Кроме того, Ханкайская мегаморфоструктура «рассечена» крупными разломами преимущественно северо-восточного и северо-северо-восточного простирания, которые также оказывают влияние на рисунок гидросети и строение рельефа региона. Так, крупная разломная зона Раздольная-Уссури (РУ) (протяженностью около 500 км и шириной 10–15 км) пересекает мега-КМС по диагонали — от Амурского залива Японского моря, вдоль долин рек Раздольная и Илистая и протягивается далее на северо-восток по восточному побережью оз. Ханка и вдоль долин рек Сунгач и Уссури. Во многих случаях с разломами северо-восточного простирания связаны системы линейных впадин-грабен, выполненных кайнозойскими отложениями значительной мощности. Чрезвычайно широкое развитие разломов северо-восточного простирания в пределах Ханкайской мега-КМС объясняется тем, что она располагается «на фланге» трансрегиональной разломной зоны — линеамента Амур–Сунгари–Хуанхэ (ЛАСХ), протягивающейся от низовьев Хуанхэ до Нижнего Амура и Северного Сахалина — более чем на 3000 км [2]. Крупные разломы широтного и субширотного простирания известны по материалам геологических съемок и отдешифрированы на космических снимках главным образом по восточной и южной окраинам мега-КМС. Они представляют собой, по-видимому, фрагменты концентрических глубинных разломов гигантской Япономорской КМС (около 2000 км в диаметре), в центре которой располагается современная впадина Японского моря, испытывающая интенсивное погружение. В «зоне влияния» морской впадины находится обширная территория окраины материковой суши, в том числе и Ханкайская КМС. Все перечисленные выше разломы различного типа и ранга обеспечивают разломно-глыбовое «мозаичное» строение мегаморфоструктуры и дифференцированные (по знаку и амплитуде) тектонические движения разломно-глыбовых структур (блоков) земной коры в ее пределах.

Ханкайская мега-КМС, как было отмечено ранее [1, 3 и др.], начала формироваться, по-видимому, в юрское-меловое время и этот процесс продолжался в кайнозое. В настоящее время происходит унаследованное тектоническое погружение впадины оз. Ханка и расширение его акватории, а также тектоническое воздымание горного обрамления мегаморфоструктуры. Кроме того, Ханкайская мега-КМС «рассечена» системами разломов различного простирания и имеет в целом «мозаичное» строение, с дифференцированными по знаку и амплитуде движениями блоков. Все это свидетельствует о значительной геодинамической активности мегаморфоструктуры и в том числе о потенциально высокой сейсмической опасности, характерной для ее территории [3, 7, 8]. Еще на первых картах-схемах сейсмического районирования Приморского края, составленных М.Г. Органовым, Н.М. Органовой, С.П. Соловьевым, а также на официальной схеме сейсморайонирования территория Ханкайской депрессии была отнесена к 7-балльной зоне. То же мы видим на карте-схеме, предложенной Б.А. Пышкиным и утвержденной администрацией края в 1996 г. [5]. Затем коллективом исследователей Дальневосточного НИИС (г. Владивосток) под руководством к.т.н. Б.А. Пышкина была составлена карта-схема детального сейсмического районирования юга Дальнего Востока масштаба 1:2,5 млн, при разработке которой использованы практически все

имеющиеся данные о сейсмичности региона, в том числе материалы о палеосейсмодислокациях, выявленных на территории исследований. Площади с возможной интенсивностью землетрясений в 8 баллов занимают, как показано на карте, южную половину оз. Ханка и частично горное обрамление на западе и юго-востоке Ханкайской мега-КМС. Вся остальная территория мегаморфоструктуры отнесена к 7-балльной зоне. В районе г. Спасска зафиксирован рой слабых землетрясений с неустановленной глубиной очагов.

Наконец, в 2007 г. А.В. Олейниковым была составлена карта сейсмического районирования Приморья [4], наиболее полно учитывающая инструментальные и палеосейсмологические данные.

При сопоставлении имеющихся данных по сейсмичности с нашими морфоструктурными построениями оказалось, что повышенная (до 8 баллов) сейсмическая активность южной части оз. Ханка объясняется, вероятно, тем, что здесь мегаморфоструктура «рассечена» крупной Раздольненско-Уссурийской разломной зоной северо-восточного простираения. Кроме того, к западному и юго-западному берегам озера выходят несколько разломов северо-восточного простираения, которые являются элементами трансрегиональной разломной зоны линейамента Амур—Сунгари—Хуанхэ (ЛАСХ), отличающейся высокой сейсмичностью [2]. Морфоструктурное дешифрирование аэрофотоснимков и рекогносцировочные работы, проведенные А.П. Кулаковым и Е.А. Мясниковым в 2005—2006 гг. на северо-западном побережье оз. Ханка, выявили здесь неизвестные ранее сейсмодислокации, представленные серией крупных оползневых тел (уступы высотой до 15—20 м, размерами в десятки метров), образующих непрерывную полосу шириной 200—500 м вдоль побережья. Имеющиеся материалы позволяют предполагать, что землетрясение, сформировавшее эти сейсмодислокации, было силой 8 и более баллов. По западному побережью оз. Ханка выявлено также несколько точек, где предположительно развиты палеосейсмодислокации на склонах сопок — рвы, уступы, осы, обвалы и другие формы, которые пространственно и, очевидно, генетически связаны с той же системой разломов северо-восточного простираения. Сейчас можно сказать, что западное побережье оз. Ханка и, по-видимому, весь западный сектор Ханкайской мега-КМС отличаются значительно более высокой сейсмичностью (до 8 или даже 9 баллов) по сравнению с большей частью остальной территории мега-КМС. Это объясняется, по-видимому, влиянием трансрегиональной разломной зоны (ЛАСХ), «на фланге» которой, как было отмечено выше, располагается Ханкайская мега-КМС.

Что же касается территории восточного сектора мегаморфоструктуры, то потенциальная сейсмичность здесь, судя по упомянутой ранее схеме Б.А. Пышкина и карте А.В. Олейникова, не превышает 7 баллов. Морфоструктурное дешифрирование аэрофотоснимков, имеющихся на отдельные районы, и рекогносцировочные маршруты позволили наметить несколько точек, где предположительно выделены ряд палеосейсмодислокаций (рвы, уступы, осы, проседания и др.). Они приурочены, как правило, к крупным разломным зонам и их пересечениям, а также к участкам «контрастного» сочленения различных типов рельефа.

В пределах восточного сектора мегаморфоструктуры палеосейсмодислокации следует, по-видимому, ожидать в следующих районах:

1 — в зонах дуговых «каркасных» разломов мега-КМС, а особенно на участках «контрастного» сочленения погружающейся впадины и воздымающихся горных систем;

2 — на участках пересечения дуговых разломов мега-КМС с крупными разломами северо-восточного простирания;

3 — в зонах разломов широтного простирания и на участках их пересечения с другими крупными разломами.

Таким образом, восточный сектор Ханкайской мега-КМС, судя по имеющимся материалам, высокой сейсмичностью не отличается. Вместе с тем, учитывая «мозаичное» строение мегаморфоструктуры и значительную геодинамическую активность составляющих ее разнопорядковых морфоструктур, следует ожидать на «региональном» 7-балльном фоне возможности проявления более сильных землетрясений (до 8 и более баллов) [4, 7] на отдельных участках и зонах, структурно благоприятных для таких событий. Выявить такие зоны, районы, участки можно в процессе более детальных специализированных исследований.

Для территории Ханкайской мега-КМС помимо сейсмической опасности характерны также определенные современные процессы, неблагоприятные и опасные для населения. К ним относятся: интенсивное абразионное разрушение берегов озера (особенно по западному побережью, например, у пос. Новокачалинск), а также постепенный подъем уровня грунтовых вод и заболачивание в связи с этим ряда прибрежных территорий по всему периметру озера, что обусловлено унаследованным тектоническим погружением впадины оз. Ханка, которое продолжается в настоящее время и, очевидно, будет продолжаться в ближайшем будущем. Все эти неблагоприятные и опасные для населения процессы обязательно должны учитываться при дальнейшем хозяйственном освоении территории Ханкайской мега-КМС. А для этого необходимо прежде всего провести зонирование рассматриваемого региона по степени проявления упомянутых процессов, выделить наиболее опасные зоны, районы, участки, дать прогноз их развития на ближайшие годы и предложить мероприятия по минимизации отрицательных последствий опасных природных процессов.

Литература

1. Золотов М.Г. Ядерно-сводовые и кольцевые структуры Приамурья // Тектоника Востока советской Азии. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 3—33.
2. Кулаков А.П., Мясников Е.А., Тащи С.М., Цю Шаньвень, Ван Сыкуй, Лю Юньлян, Сун Чанчунь. Трансрегиональный линеймент Амур—Сунгари—Хуанхэ: морфоструктура, эволюция, геодинамика // Тихоокеан. геология. 2001. № 4. С. 47—60.
3. Кулаков А.П. Мясников Е.А. Бассейн озера Ханка: новые представления о морфоструктуре и сейсмической опасности // Вестник ДВО РАН. 2008. № 4. С. 51—57.
4. Олейников А.В., Олейников Н.А. Палеосейсмогеология. 2009. 163 с.
5. Пышкин Б.А. Сейсмическое районирование территории Приморского края // Тез. докл. междунар. конф. «Стихия. Строительство. Безопасность», 8—12 сентября 1997 г. Владивосток, 1997. С. 206—208.
6. Сейсмические опасности. Тематический том / под ред. Г.А. Соболева. М.: Издательская фирма «КРУК», 2000. 296 с.

7. Тащи С.М., Ермошин В.В. Уязвимость геолого-геоморфологических структур и устойчивое развитие территории // Устойчивое развитие дальневосточных регионов: эколого-географические аспекты. Владивосток, 1999. С. 163–175.

8. Уткин В.П., Олейников А.В., Неволин П.Л. Геологические критерии кайнозойской и современной сейсмоактивности разломов Приморья и юга Хабаровского края // Вестник ДВО РАН. 1992. № 3–4. С. 130–143.

9. Худяков Г.И. эволюция структур и морфоструктур центрального типа (на примере Ханкайского массива) // Морфоструктуры центрального типа Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1984. С. 5–13.

СОВРЕМЕННЫЕ ДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ КОРЫ В РАЙОНЕ ОЗЕРА ХАНКА ПО ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ ДАННЫМ

Как известно, систематическое за последнее десятилетие повышение уровня воды в оз. Ханка, и особенно высокие уровни воды, отмечающиеся в последние три года, существенно влияют на условия хозяйственной деятельности в прибрежной низменной зоне озера. Размах колебаний уровня воды в среднем составляет до 2 м, а в последние экстремальные годы до 3 м, т.е. этот рост привел к превышению ранее установленного исторического максимума. При возможном дальнейшем повышении уровня озера произойдет существенное затопление освоенных ранее сельскохозяйственных земель, различного назначения инженерных строений, дорог и т.д.

Одной из причин такого однонаправленного подъема воды в настоящее время могут являться современные движения земной коры (СДЗК) в окрестностях озера, изменения рельефа дна озера, р. Сунгача и Приханкайской низменности в целом, связанные с повышенной сейсмической активностью (рис. 2.9) и известной вулканической и тектонической активностью в прошлом. Вполне возможно, что эти геофизические процессы в определенной мере могут быть ответственны за колебания уровня воды в озере, и их необходимо учитывать при анализе обстановки.

Но произошедшие, и в том числе зарегистрированные в районе Ханки, землетрясения и их последствия для рассматриваемого региона не изучены. Целенаправленных измерений для этой цели практически не проводилось. Что же касается геодезических данных, для решения рассматриваемой проблемы они также специально не проводились и не анализировались, а выполненные в прошлое столетие четыре повторных нивелировки вдоль железной дороги частично обобщены лишь в виде карты градиентов скорости современных вертикальных движений земной коры (СВДЗК) по проложенным линиям геометрического нивелирования [2]. Эта карта качественно подтверждает наличие вертикальных смещений в Приханкайской низменности.

Наш анализ преобразованных с карты градиентов (углов наклона поверхности) и данных последней нивелировки 1987 г., выполненной Предприятием № 2 ГУГК, сведен в целом по участкам профиля в мм/год от г. Иман (в настоящее время г. Дальнереченск) до г. Уссурийск в первых четырех строках табл. 2.7. Как видно из табл. 2.7, СВДЗК носят во времени переменный и даже знакопеременный характер,

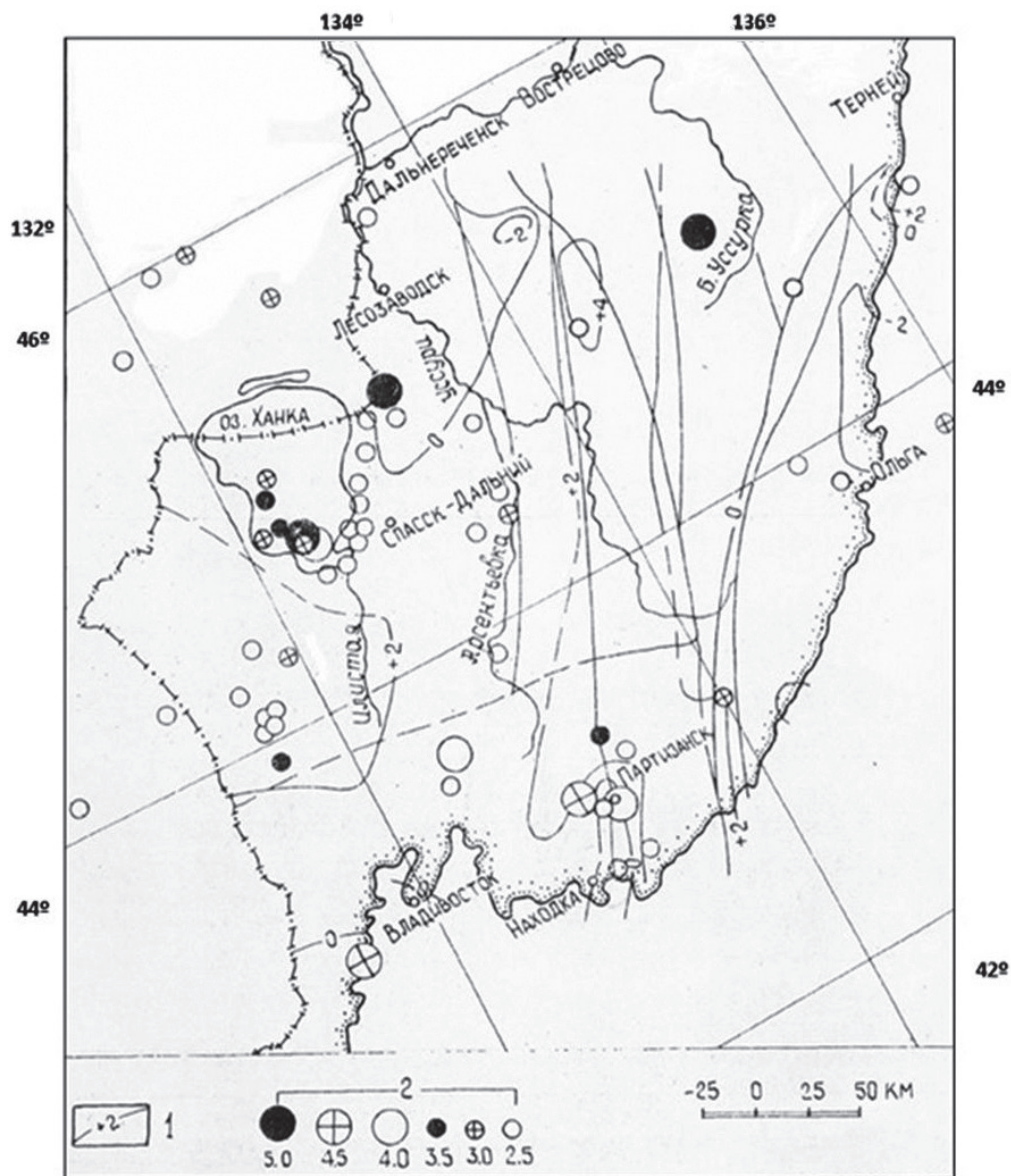


Рис. 2.9. Карта СВДЗК в Приморье [3] и эпицентров землетрясений с $M \geq 2,5$ по 1990 г. 1 — изолинии скоростей вертикальных движений (мм/год); 2 — магнитуда землетрясений

причем на разных участках эти движения различаются как по величине, так и по знаку. Точность определения градиентов по карте [2], к сожалению, не известна, поэтому эти данные в табл. 2.7 отсутствуют.

Некоторую информацию о СДЗК можно извлечь также из наблюдений Приморской геодинимической GPS сети, построенной ИПМ ДВО РАН в последние 20 лет. Результаты обработки этих измерений представлены в табл. 2.7 в последней

Таблица 2.7. Вертикальные скорости взаимных движений реперов по профилю Иман–Уссурийск по геодезическим данным (мм/год)

Период	Иман– Лесозаводск	Лесозаводск– Спасск	Спасск– Сибирцево	Сибирцево– Уссурийск
1911–1940	+1,7	+0,6	+1,3	-2,5
1911–1971	+0,7	+2,0	+1,7	+0,6
1940–1971	-0,5	+0,5	+1,3	+0,3
1940–1989	0,0	+1,6	+0,7	-0,1
2009–2014	+6,2 ± 0,4	+7,6 ± 0,6	-3,6 ± 0,5	

строке (2009–2014). Как видно из табл. 2.7, скорости вертикальных движений в последние годы в разы возросли по модулю, а в некоторых случаях изменился и знак движений.

Нужно лишь учитывать, что нивелирные знаки и GPS пункты не идентичны и разнесены в пространстве на километры, а последнее значение $-3,6 \pm 0,5$ мм/год относится фактически к взаимной скорости вертикальной подвижки направления Спасск–Горнотаежное, которое отстоит от г. Уссурийск достаточно далеко. Невзирая на эти сравнительно незначительные несовпадения пунктов наблюдений из табл. 2.7 явно следует, что прилегающая к рекам Уссури и Сунгача территория, а значит, и дно этих рек, испытывали подъем в направлении от г. Иман до г. Спасск-Дальний, после чего (а может быть, и раньше – нет данных) подъем именно вблизи оз. Ханка сменился опусканием. В целом же данные табл. 2.7 свидетельствуют о существенном возрастании тектонической активности в последние годы в районе оз. Ханка. Дополнительно имеет смысл принять во внимание, что особенно резкий подъем воды в озере стал наблюдаться в 2011 г. после катастрофического землетрясения Тохоку 11.03.2011 г., $M_w = 9,0$, произошедшего в зоне субдукции, расположенной к востоку от Японских островов. Дело в том, что даже удаленные на тысячи километров от эпицентров землетрясений территории могут испытывать вертикальные движения земной коры [1], а значит, и изменение уровня воды в водоемах.

Насколько значимы приведенные данные для решения проблемы изменения уровня воды в оз. Ханка – этот вопрос пока остается открытым. Ответ на него, возможно, сможет дать математическое моделирование стока воды. Во всяком случае, изменение величины и даже знака наклона земной поверхности на участках Иман–Лесозаводск и Спасск–Сибирцево–Уссурийск, возможно, может дать некоторое объяснение уменьшения пропускной способности р. Сунгача и стока воды из оз. Ханка в последнее десятилетие. Отсутствие непрерывных геодезических наблюдений за вертикальными перемещениями суши в бассейне оз. Ханка делает невозможным в настоящее время оценить достоверность выводов о причинах изменения гидрологического режима бассейна. Вполне возможно, что даже незначительное опускание (или подъем) суши в каком-либо месте Приханкайской низменности или р. Сунгача могут существенно изменить пропускную способность реки.

Для окончательного решения проблемы взаимосвязи подъема воды оз. Ханка и СДЗК в этом регионе с целью оптимизации сил, средств и времени следует в первую очередь организовать непрерывные GPS наблюдения как минимум

в 2–3 пунктах вблизи побережья озера и р. Сунгача, а также создать дополнительную сеть пунктов, на которых производить по мере надобности лишь временные наблюдения. Это тем более важно, что GPS пункт в г. Спасск-Дальний полностью уничтожен в 2010 г. и не подлежит восстановлению, а имеющиеся GPS пункты расположены в десятках километров от исследуемой водной поверхности.

Таким образом, систематическое повышение уровня воды в озере Ханка за последнее десятилетие может быть связано с существенным возрастанием тектонической активности региона, на что указывает значительный рост скоростей вертикальных движений земной коры и даже изменение знака движений по профилю Иман–Лесозаводск–Спасск–Уссурийск после катастрофического землетрясения Тохоку 11.03.2011 г., $M_w = 9,0$, произошедшего в зоне субдукции, расположенной к востоку от Японских островов.

Работа выполнена при поддержке Дальневосточного федерального университета, проект № 14-08-01-05_м.

Литература

1. Герасименко М.Д., Шестаков Н.В., Коломиец А.Г., Герасимов Г.Н., Такахаси Х., Сысоев Д.В., Нечаев Г.В. Вертикальные движения юга Приморского края и их связь с геодинамическими процессами в зоне субдукции // Геодезия и картография. 2016. № 3. С. 33–37.
2. Карта градиентов скорости современных вертикальных движений земной коры Дальнего Востока. Масштаб 1:250000. Предприятие № 2 ГУГК при СМ СССР, 1980.
3. Оскорбин Л.С. Районирование юга Дальнего Востока по сейсмогенным зонам // Проблемы сейсмической опасности Дальневосточного региона. Южно-Сахалинск: ИМГиГ ДВО РАН, 1997. Т. VI. С. 111–153.

СОВРЕМЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО РЕЖИМА БАССЕЙНА ОЗЕРА ХАНКА С ПОМОЩЬЮ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В нынешних условиях информационное обеспечение поддержки принятия решений по управлению риском наводнений осуществляется с использованием современных математических моделей формирования речного стока на водосборе и распространения паводковых волн в речных системах, моделей гидрогеологических процессов и русловых деформаций, моделей функционирования водохозяйственных систем и экологического риска и мезомасштабных метеорологических моделей. Развитие перечисленных, неструктурных, мер защиты от наводнений создает основу для поддержки решений о выборе, повышении надежности и экономической эффективности структурных мероприятий – строительства защитных гидротехнических сооружений, изменения (морфометрии) русел и т.п., которые направлены на обеспечение необходимого уровня безопасности населения, социальных и производственных объектов.

Целью предлагаемого проекта является интеграция сведений о гидрологии водосбора, данных наблюдений и математических моделей в единую систему

знаний и технологий мониторинга и прогнозирования гидрологического цикла для создания научной основы разработки схем рационального использования, охраны и управления водными ресурсами в бассейне оз. Ханка.

Озеро Ханка – самое обширное озеро Дальневосточного региона РФ – является трансграничным, располагается в средней части Западно-Приморской равнины на границе с КНР. Северная часть озера, оз. Малая Ханка и соответствующая часть водосбора принадлежат КНР. Водный баланс определяется соотношением притока и расходования влаги. Приток воды в оз. Ханка в среднемноголетнем разрезе на 54% (567 мм, или 2,3 км³) формируется за счет выпадения осадков на его поверхность и на 46% (476 мм, или 1,93 км³) – за счет впадающих в озеро рек. Главными расходными статьями являются: 56% – испарение с поверхности (584 мм, или 2,37 км³), 44% – сток р. Сунгача (453 мм, или 1,84 км³) [3].

Предположительно приведенные в работе 1978 г. [3] данные стали неактуальными уже в начале 80-х годов прошлого столетия. На топографических картах этого периода показана уже существующая межбассейновая переброска стока на территории КНР – в бассейне оз. Малая Ханка существуют развитые рисовые системы, на которые вода подаётся из р. Мулинхэ и далее сбрасывается в оз. Малая Ханка и оз. Ханка. Предварительная оценка с привлечением современных данных дистанционного зондирования Земли показала практически двукратное (с 18 тыс. до 32 тыс. км², без учета площади зеркала) увеличение площади водосбора озера. Данные инструментальных измерений, позволяющие оценить воздействие этой переброски на гидрологический режим озера, российским специалистам в настоящее время недоступны.

Кроме того, хозяйственное воздействие на объем воды в озере и, соответственно, уровенный режим водоёма должно учитывать нелинейный характер связи стока из озера с уровнем воды в нём, что ранее выражалось в относительно слабой реакции уровня на рост и снижение приточности в водоём [1, 7]. Учитывая уже установленный факт глобального потепления климата и выявленные признаки климатических изменений и гидрологических последствий этого в Приморском крае, следует ожидать, что экстремально высокое стояние уровня озера последних лет может являться отражением определенной тенденции изменения его режима. С учетом этого необходимо иметь оценку таких изменений и их последствий для жизнедеятельности в бассейне оз. Ханка и выработки рекомендаций по адаптации системы природопользования к подобным процессам в настоящее время и в обозримом будущем.

Основной задачей проекта является создание интегрированной системы прогнозирования декадного и месячного притока воды, а также долгосрочных, на два–три месяца вперед, сценарных расчетов притока воды к озеру, которая будет включать автоматизированную систему гидрометеорологического мониторинга, физико-математическую гидрологическую модель, численную модель атмосферы, геобазу данных дистанционного зондирования Земли и гидрофизических характеристик подстилающей поверхности, управляющие блоки, обеспечивающие их взаимодействие [3] (рис. 2.10). В качестве методической основы для решения поставленных задач предлагается использовать имеющиеся в этой области разработки

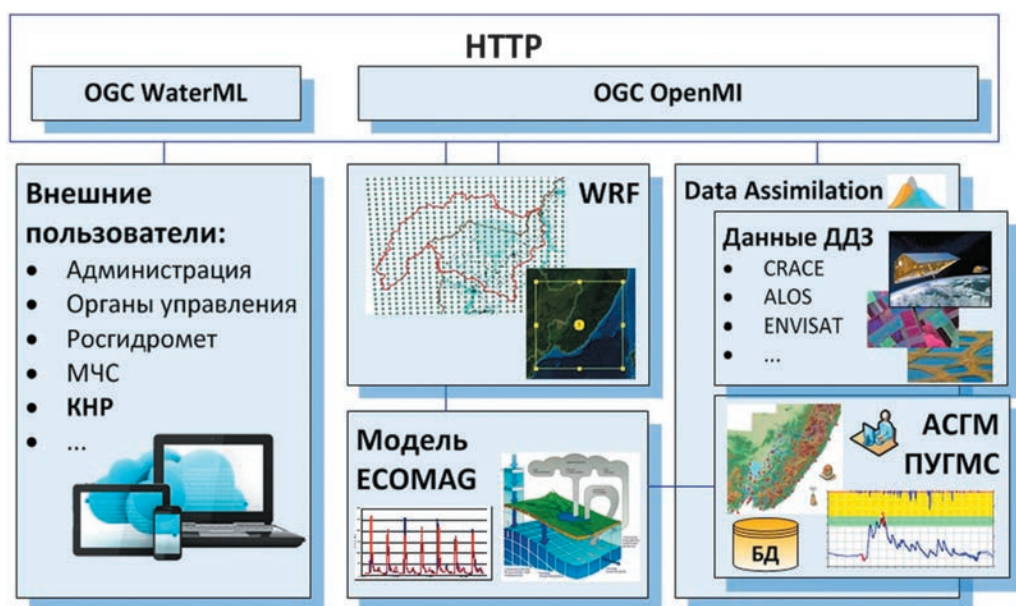


Рис. 2.10. Схема интегрированной системы прогнозирования гидрологического режима бассейна оз. Ханка

ИВП РАН, ТИГ ДВО РАН, ДВНИГМИ, ПУГМС и МГУ, доказавшие высокую эффективность при практическом и оперативном использовании на территории РФ.

Информационная основа проекта может быть в полной мере реализована на основе автоматизированной системы гидрологического мониторинга (АСГМ) Приморского УГМС, разработанной в рамках проекта восстановления, модернизации и развития гидрометеорологической сети и системы гидрологического прогнозирования в бассейне р. Амур [2]. АСГМ является результатом обобщения международного опыта и стандартов создания программного обеспечения управления оперативными и режимными гидрометеорологическими данными разного типа и степени обобщения. Научно-техническая концепция АСГМ обеспечивает практически неограниченную расширяемость и масштабируемость, совместимость с основными функционально-связанными разработками ведущих мировых институтов и коммерческих компаний в области мониторинга, моделирования и управления водными ресурсами, основана на использовании открытых международных стандартов, что особенно актуально для организации обмена данными наблюдений и прогностической информацией в трансграничном бассейне оз. Ханка.

Для реализации прогнозно-оценочных гидрологических расчетов предлагается использовать информационно-моделирующий комплекс ECOMAG (ECOLOGICAL Model for Applied Geophysics) ИВП РАН. Комплекс предназначен для широкого круга гидрологических и природоохранных научных и прикладных задач диагностики и прогнозирования. Он включает в себя: пространственно-распределенную математическую модель гидрологического цикла, формирования стока, переноса и трансформации загрязняющих веществ в речных бассейнах, специализированную

географическую информационную систему (ГИС), базы архивных и оперативных гидрометеорологических данных и информации о характеристиках территории, а также управляющую оболочку [8].

Модель прошла испытания на многих речных бассейнах и доказала свою эффективность для практического управления водными ресурсами крупнейшими водохозяйственными системами Российской Федерации, включая Волжско-Камский и Ангара-Енисейский каскады водохранилищ, использовалась в рамках ряда международных проектов для научно-прикладных задач геофизической и экологической направленности на реках Швеции, Норвегии и Франции. Начиная с середины 2000-х годов модель стала одной из ключевых компонентов методики гидролого-информационной поддержки принятия решений, используемой Федеральным агентством водных ресурсов — головным ведомством, отвечающим за управление крупнейшими каскадами водохранилищ РФ.

На основе модели ECOMAG проводились численные эксперименты для оценки изменений водных ресурсов при возможных климатических изменениях для различных регионов в различных физико-географических условиях, в том числе в бассейне Амура [6, 8]. Результаты этого исследования (рис. 2.11) предполагается использовать в качестве основы для создания прогностической модели водосбора оз. Ханка. Для этого требуется более высокое пространственное разрешение и актуализация данных землепользования (растительности, сельхозугодий, мелиоративных систем и т.п.), основных гидрофизических характеристик почвенного покрова, цифровая модель рельефа высокого разрешения и т.д.

Одной из важнейших проблем является задача обеспечения модели формирования стока достоверной пространственно-распределенной метеорологической информацией при отсутствии данных по территории КНР. Перспективным представляется использование расчетных и прогностических данных, полученных на основе выходной продукции оперативной региональной гидродинамической модели Weather Research and Forecasting — WRF Приморского УГМС [5]. Расчетная сетка оперативной модели WRF ПУГМС разрешением 5x5 км полностью покрывает водосбор оз. Ханка, включая водосбор р. Мулинхэ (рис. 2.12). В составе интегрированной системы прогнозирования WRF позволит учитывать пространственно-временное распределение метеорологических характеристик над водосбором и зеркалом озера, прогнозировать гидрологическую ситуацию на части водосбора оз. Ханка, расположенной на территории КНР. Такие технологии успешно применялись для расчетов паводков, вызванных тайфунами, в районе г. Уссурийска [3].

Проблема отсутствия механизма обмена с КНР данными гидрологических наблюдений, которые необходимы для калибровки и корректировки параметров моделирования, может быть решена на основе комплексного анализа данных ДДЗ и наземных измерений. С этой целью предлагается разработка алгоритмов усвоения прогностической системой данных спутникового мониторинга различных агро- и метеопараметров (ALOS, ENVISAT и др.).

Общее изменение запасов воды с месячным интервалом в масштабе водосбора может быть оценено по данным дистанционного определения гравитационного поля Земли GRACE (Gravity Recovery and Climate Experiment) [9]. Исследования

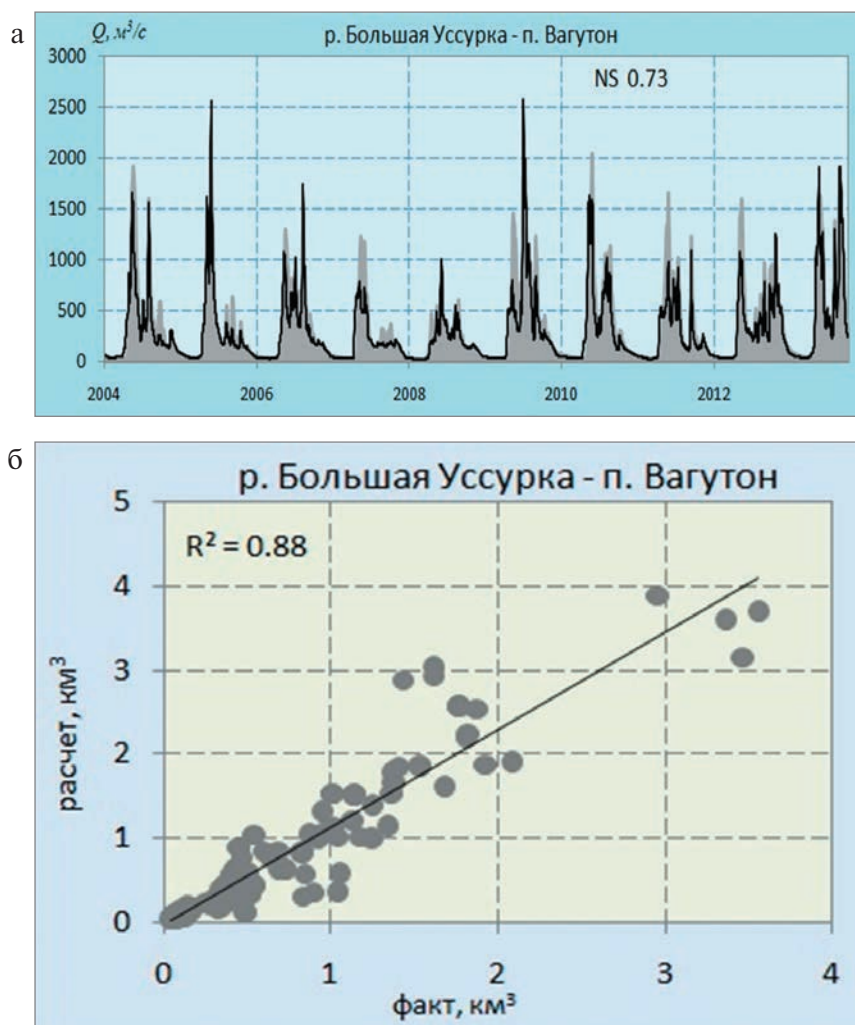


Рис. 2.11. Река Большая Уссурка—пос. Вагунтон: а — расчетный и фактический суточный гидрограф; б — связь фактических и рассчитанных объемов стока по месяцам

показали, что месячные изменения гравитационного поля Земли на суше в значительной степени могут быть отнесены к движению водных масс внутри континентальной части гидрологического цикла. Измерения гравитационного поля со спутника раскладываются по сферическим и естественным ортогональным функциям, производится фильтрация данных для того, чтобы выделить сигнал, связанный с перераспределением вод суши и изменением водных масс океана. Величины аномалий гравитационного поля в узлах регулярной сетки переводятся в эквивалентный уровень воды (ЭУВ), выраженный в миллиметрах. Точность расчетов изменения запасов воды находится в пределах 15 мм и менее, в зависимости от географической области. С помощью многоканального сингулярного спектрального анализа (МССА) были обработаны гравиметрические данные GRACE (Level 2

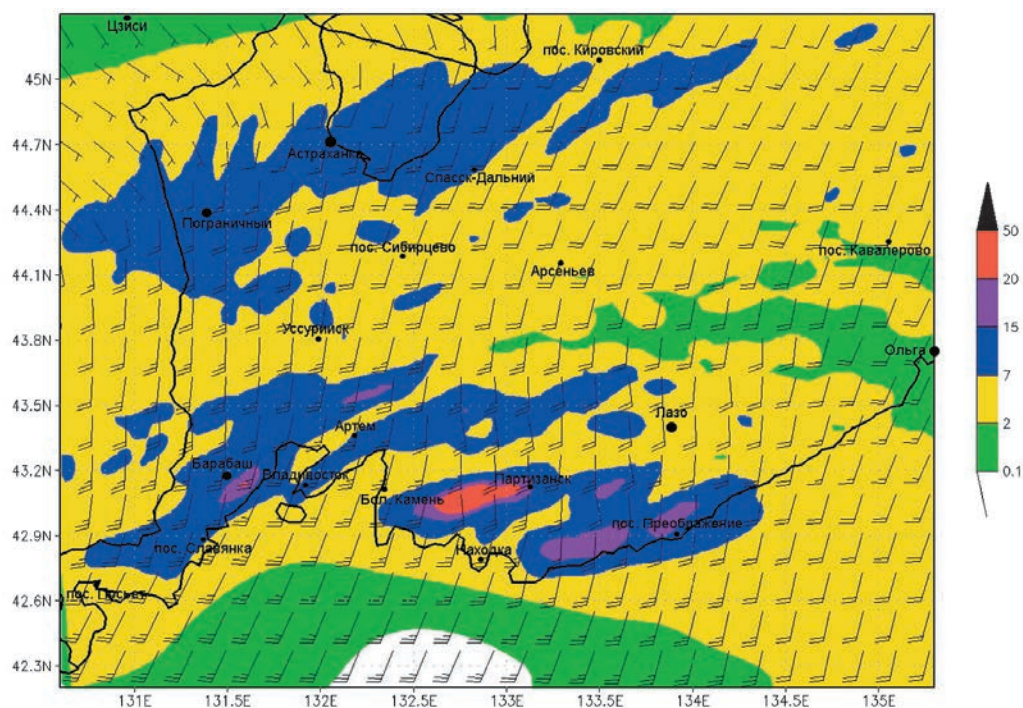


Рис. 2.12. Прогноз осадков и скорости ветра модели WRF над водосбором оз. Ханка

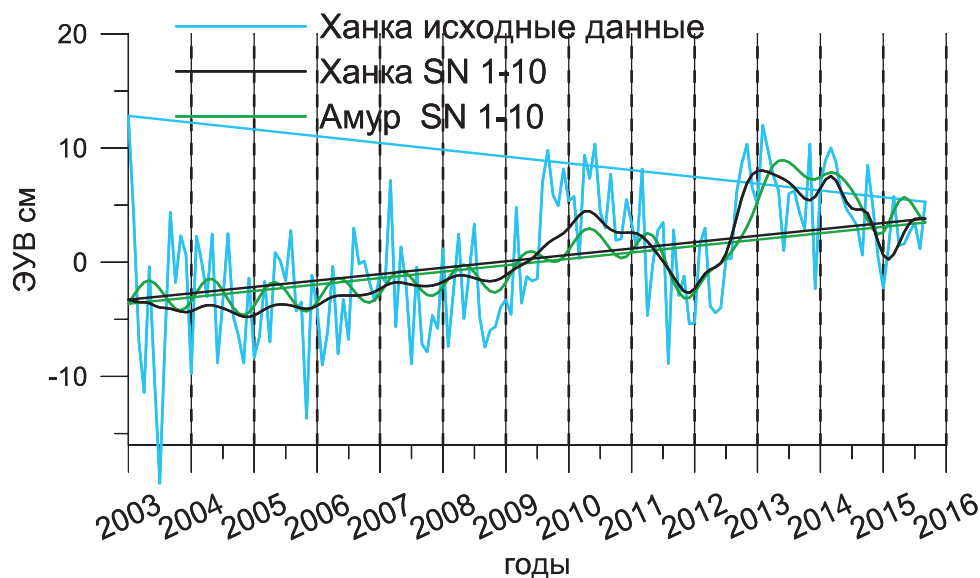


Рис. 2.13. Усредненные показатели эквивалентного уровня воды, обработанные с помощью МССА, для бассейна оз. Ханка (черный) и р. Амур (зеленый). Голубая кривая отражает исходные данные GRACE до применения метода МССА

RL05) с января 2003 г. по октябрь 2015 г., находящиеся в архиве центра обработки данных JPL (Лаборатория реактивного движения, г. Пасадена), и получены осредненные показатели ЭУВ для бассейна оз. Ханка (рис. 2.13). Полученные графики показывают хорошую согласованность с данными гидрологических наблюдений ПУГМС.

Резюмируя вышесказанное, отметим, что разрабатывать подобные системы можно только в рамках междисциплинарных межотраслевых проектов, обеспечивающих максимальную эффективность и последующее внедрение проекта в практику управления водными ресурсами. Полученные в ходе реализации проекта результаты могут найти широкое применение во многих областях экономики региона: в сельском хозяйстве и связанном с ним финансовом секторе, в гидротехническом проектировании и строительстве, для разработки компенсационных мероприятий при изменении климата, при планировании развития наблюдательной сети для гидрометеорологического обеспечения хозяйственной деятельности.

Литература

1. Баканов К.Г. Многолетний режим уровня озера Ханка: автореф. дис. ... канд. тех. наук. М.: Ин-т вод. пробл. АН СССР, 1988. 20 с.
2. Бугаец А.Н., Гончуков Л.В., Соколов О.В., Гарцман Б.И., Краснопеев С.М. Автоматизированная информационная система гидрологического мониторинга и управления данными // Метеорология и гидрология, 2016 (в печати).
3. Бугаец А.Н. Применение стандарта OpenMI для создания интегрированных систем гидрологического моделирования // Метеорология и гидрология. 2014. № 7. С. 93–105.
4. Васьковский М.Г. Гидрологический режим оз. Ханка. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 175 с.
5. Гончуков Л.В., Ламаш Б.Е. Численный прогноз опасных явлений погоды по северу Приморского края // Вестник ДВО РАН. 2010. № 6. С. 17–23.
6. Калугин А.С. Оценка влияния возможных изменений климата на сток р. Амур на основе ретроспективных данных // Водные ресурсы, экология и гидрологическая безопасность: сб. тр. IX междунар. науч. конф. молодых ученых и талантливых студентов. М.: МГУ, 2015. С. 46–49.
7. Соколов А.А. О возможности долгосрочного прогноза среднегодового уровня озера Ханка // Экстремальные гидрологические события: теория, моделирование и прогнозирование: тр. междунар. науч. конф. М.: ИВП РАН. 2003. С. 176–178.
8. Motovilov Yu., Gottschalk L., Engeland K., Belokurov A. ECOMAG – regional model of hydrological cycle. Application to the NOPEX region. Department of Geophysics, University of Oslo, Institute Report Series No.105. May 1999. 88 p.
9. Zotov L., Shum C., Frolova N. Gravity changes over Russian rivers basins from GRACE // Planetary Exploration and Science: Recent Results and Advances. Springer Geophysics. 2015. P. 45–59.

МЕТОДОЛОГИЯ ВЫДЕЛЕНИЯ И ВНУТРЕННЕЕ СОДЕРЖАНИЕ ОКРУГОВ МЕЖГОРНЫХ ГЕОСИСТЕМ САХАЛИНО-ПРИМОРСКОГО РЕГИОНА

На современном этапе развития ландшафтной географии Тихоокеанской России вопросы ландшафтного районирования практически не решаются, хотя в связи с наметившимся на государственном уровне освоением территории учету природных условий отводится значимое место. Нами на основе многолетних геолого-географических и географических исследований ландшафтных геосистем

Тихоокеанского окраинно-континентального ландшафтного пояса России рассматривается методология и внутреннее содержание округов межгорных прогибов (как ландшафтных геосистем) Сахалино-Приморского региона. Сразу же отметим, что рассматриваются ландшафты не типичных равнинных платформенных территорий (такие типичные ландшафты в Сахалино-Приморском регионе отсутствуют), а равнинных территорий межгорных прогибов. Отдельное рассмотрение ландшафтов этих структур вызвано тем, что на сегодняшний день они представляют собой в Приморье и на о. Сахалин основные районы сельскохозяйственного освоения. В настоящее время развитию сельскохозяйственного производства в системе политики общего по стране импортозамещения придаётся первостепенное значение. Научное обоснование современных агроландшафтных систем земледелия и региональных агротехнологий основывается на полноценных исходных физико-географических ландшафтных исследованиях, поэтому считаем актуальной задачей проведение исследований, ориентированных на изучение естественных и антропогенных ландшафтов. Это является научным фундаментом для разработки современного детального агрохозяйственного районирования рассматриваемого региона для целей его растениеводческой и животноводческой специализации, концентрации и дифференцированных природоохранных земледельческих технологий.

Актуальность отдельного рассмотрения ландшафтов этих структур вызвано также тем, что на сегодняшний день необходимо знать внутреннее содержание ландшафтов для привлечения этих материалов, в частности по округам Уссури-Ханкайской провинции, для изучения и практического применения знаний для смягчения последствий подъема уровня воды в оз. Ханка Приморского края.

По результатам ландшафтного районирования рассматриваются округа Уссури-Ханкайской и Центрально-Сахалинской ландшафтных провинций.

Уссури-Ханкайская провинция включает оз. Ханка и Уссури-Ханкайскую равнину с бассейнами рек Мельгуновка, Комиссаровка, Илистая, Белая, среднее течение р. Уссури, нижнее течение р. Большая Уссурка и др. Включает равнинную территорию дальневосточного равнинного класса ландшафтов с характерным для нее сочетанием ландшафтов лесостепного равнинного и долинно-речного подкласса и равнинного эрозионно-аккумулятивного и долинно-речного и приморско-равнинного родов. Фундамент сложен палеозойскими сланцевым, гнейсово-сланцевым, сланцево-карбонатным, кремнисто-карбонатным, алевролитопесчаниковым и гранитоидным вещественными комплексами; перекрыт мощным чехлом четвертичных озерно-аллювиальных отложений и залегает на глубине до 110 м в районе оз. Ханка. В направлении от озера к внешним границам провинции глубина залегания уменьшается до 15–20 м.

Центрально-Сахалинская ландшафтная провинция включает Центрально-Сахалинскую равнину (располагается между Восточно-Сахалинскими и Западно-Сахалинскими горами), темнохвойные равнинные и долинно-речные ландшафтные геосистемы Томь-Поронайской низменности с темнохвойными лесами на буротажных почвах, с лугами, болотами, марями с болотно-торфяными и пойменными лугово-дернованными почвами. Представлена эрозионно-аккумулятивным и озерным равнинным и долинно-речным родами ландшафтов.

Внутри провинций обособляются округа. При выделении округов применен метод сопряженного анализа межкомпонентных и межландшафтных связей. Весь имеющийся материал по компонентам проанализирован на основе сопряженного анализа межкомпонентных и межландшафтных связей с учетом окраинно-континентальной дихотомии и данных по орографическому, климатическому и фиторастительному факторам географически единых территорий в рамках горной ландшафтной географии [1, 2, 3]. В результате в масштабе 1:500 000 выделены и картографированы классы, подклассы, роды, виды ландшафтов и местности (индивидуальные ландшафты). Далее материал уже на базе выделенных таксонов на основе изучения межкомпанентных и межландшафтных связей снова сопряженно проанализирован, снизу вверх были выделены и закартографированы округа. Они обособляются внутри провинций, включают ландшафты видов и местностей, определяемые высотностью, типами растительности и группировками почв, рельефом и вещественными комплексами фундамента.

Кроме отмеченной выше методологии выделения округов рассматривается внутреннее их содержание. Это делается на примере только Приханкайского округа Уссури-Ханкайской провинции, так как рассмотреть все округа межгорных прогибов в данном случае просто невозможно (рис. 2.14).

Приханкайский округ расположен в бассейнах нижних течений рек Комиссаровка, Мельгуновка, Илистая, на Приханкайской низменности (рис. 2.14, на схеме – 2). Характеризуется природно-ландшафтными статистическими данными (табл. 2.8). Включает равнинную территорию дальневосточного равнинного класса ландшафтов с приханкайскими ландшафтами доминантных лесостепного равнинного и долинно-речного подкласса, равнинного эрозионно-аккумулятивного и долинно-речного рода.

Округ включает *приханкайские виды ландшафтов*:

доминантный освоенных земель на месте преобладания в прошлом луговых степей, остепненных лугов на бурых лесных и других почвах с освоенными землями на месте преобладания в прошлом луговых степей, остепненных лугов, с вейниковыми, осоко-вейниковыми и разнотравно-злаковыми и низинными осоковыми болотами; равнинную территорию дальневосточного равнинного класса ландшафтов с приханкайскими ландшафтами доминантных лесостепного равнинного и долинно-речного подкласса, равнинного эрозионно-аккумулятивного и долинно-речного рода;

характерные: мелкосопочный дубово-березовый разнотравный на горно-лесных бурых и др. почвах с остепненными редколесьями дуба монгольского и березы даурской, дубово-лещинно-леспедецевыми зарослями в комплексе со злаково-разнотравно-суходольными лугами; равнинный разнотравно-злаковый лугово-степной на луговых глеевых типичных и др. почвах с остепненными разнотравно-злаковыми лугами в комплексе с остатками луговых, кустарниковых степей и сельскохозяйственными угодьями; освоенных земель на месте широколиственных лесов на бурых лесных и др. почвах с освоенными землями на месте преобладания в прошлом широколиственных лесов, их редколесий и порослевых зарослей в комплексе (вдоль русел рек) с вейниковыми, осоко-вейниковыми и разнотравно-злаковыми

и низинными осоковыми болотами; равнинный вейниково-осоково-торфяной на луговых глеевых типичных, торфяно-глеевых и бурых лесных почвах с сырыми и мокрыми вейниковыми лугами в комплексе с осоковыми и торфяными болотами;

редкие: равнинный зарослевый злаково-разнотравный на иловато-глеевых, дерново-глеевых и др. почвах с прирусловыми зарослями с остатками долинных широколиственных лесов среди злаковых, злаково-разнотравных лугов и сельскохозяйственными угодьями; суходольно-разнотравно-вейниково-луговой на луговых глеевых типичных почвах с комплексом суходольно-разнотравных и сырых вейниковых лугов; равнинный осоко-торфянисто-болотный на торфянисто-глеевых и почвах низинных болот с комплексом осоковых торфянистых и тростниковых низинных болот.

Включает местности:

приханкайскую доминантную освоенных земель на месте преобладания в прошлом луговых степей, остепненных лугов на бурых лесных и др. почвах с аллювиальным комплексом (супесь, глина, песок, гравий, галька, вылуны), террасовый и глубиной залегания кровли фундамента до 20–60 м;

характерные: мелкосопочный дубово-березовый разнотравный на горно-лесных бурых и др. почвах с алевролит-песчаниковым и гранитоидным комплексами и глубиной залегания кровли фундамента до 5,0–8,0 м; равнинный разнотравно-злаковый лугово-степной на луговых глеевых типичных и др. почвах с аллювиальным комплексом (глины, песок, песок с гравием и галькой, галечники) и глубиной залегания кровли фундамента до 40 м; освоенных земель на месте широколиственных лесов на бурых лесных и др. почвах с аллювиальным комплексом (глины, песок, песок с гравием и галькой, галечники) и глубиной залегания кровли фундамента до 40 м; равнинный вейниково-осоково-торфяной на луговых глеевых типичных, торфяно-глеевых и бурых лесных почвах с аллювиальным комплексом (глины, песок, песок с гравием и галькой, галечники) и глубиной залегания кровли фундамента до 60 м;

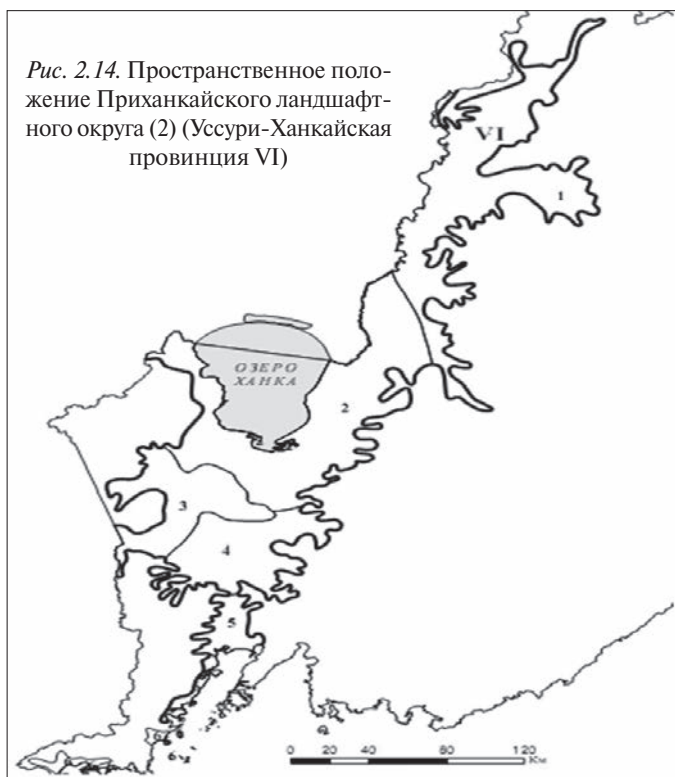


Таблица 2.8. Природно-ландшафтная дифференциация округов Уссури-Ханкайской провинции

ОКРУГ	Абсолютные отметки, м	Относительные превышения, м	Густота речной сети, км/км ²	Максимум температуры воздуха, °С	Минимум температуры воздуха, °С	Количество осадков в год, мм	Число дней с осадками более 0,1 мм	Средняя дата появления снежного покрова
1. Средне-Уссурийский	70	50	0,4–0,6	37	-45	600–700	120–140	20.10–1.11
2. Приханкайский	68	100	0,4–0,6	37	-47	500–700	110–120	20.10–1.11
3. Вознесенский	150	100	0,4–0,8	38	-46	500–600	100–110	1–10.11
4. Средне-Раздольненский	100	100	0,4–0,6	39	-42	500–700	100–110	1–10.11
5. Раздольненский	0	0	0,6–1,0	38	-42	700–800	100–110	10–20.11
6. Прибрежный	0	0	0,8–1,1	35	-28	800–900	100–110	10–20.11

редкие: равнинный зарослевый злаково-разнотравный на иловато-глеевых, дерново-глеевых и др. почвах с полигенетическим озерно-аллювиальным комплексом (глина, песок, песок с гравием, галькой, реже гравий, галька, валуны), террасовый и глубиной залегания кровли фундамента до 60 м; суходольно-разнотравно-вейниково-луговой на луговых глеевых типичных почвах с аллювиальным комплексом (глины, песок, песок с гравием и галькой, галечники), террасовый и глубиной залегания кровли фундамента до 60 м; равнинный осоко-торфянисто-болотный на торфянисто-глеевых и почвах низинных болот с аллювиальным комплексом (глины, алевроит, песок, торфяники) и глубиной залегания кровли фундамента до 60 м.

Приханкайский округ — территория равнинного смешанно-широколиственного пояса.

Приханкайский округ обособляется по отмеченному выше внутреннему его содержанию, по доминантным равнинному рельефу, аллювиальным комплексам поймы и террасы (глина, супесь, песок, гравий, галька, валуны) и глубиной залегания кровли фундамента до 40 м, бурым лесным и др. почвам и смешанно-широколиственным лесам. В современное время округ — это единая часть рифтогенной структуры Уссури-Ханкайской рифтогенной геосистемы, фундамент — единая структурная и азональная вещественно-минеральная основа округа, на которой сформировался доминантный смешанно-широколиственный комплекс лесов. Генетическое и географическое единство отмеченных орографического (рельеф, вещественные комплексы), климатического (климат), фиторастительного (растительные комплексы) факторов обуславливает географическое обособление Приханкайского округа.

Итак, в результате применения методологии сопряженного анализа межкомпонентных и межландшафтных связей на основе учета окраинно-континентальной дихотомии, изучения орографического, климатического и фиторастительного факторов, обуславливающих генетическое и географическое единство ландшафт-

ных территорий, проведено районирование межгорных геосистем Сахалино-Приморского региона, выделены и картографированы округа. Установлена их дифференциация на основе исследования высотной и горизонтальной поясности. Подсчитаны площади, что важно для изучения на количественном уровне трансформации ландшафтов. Дана характеристика внутреннего содержания округов. Рекомендуются применять полученные материалы как ландшафтные основы природопользования при решении экологических и природоохранных задач, при организации агропромышленных комплексов и сельскохозяйственном районировании. Они необходимы при практической реализации ландшафтной индикации эрозионно-денудационных систем водосбора оз. Ханка, в связи с необходимостью решения проблемы нарушения экологического баланса территории, связанной с подъемом уровня воды озера. Кроме того, разработанная методология выделения округов межгорных прогибов Сахалино-Приморского региона — это часть теории методологии районирования Тихоокеанского окраинно-континентального ландшафтного пояса и часть теории региональной ландшафтной географии России.

Литература

1. Ландшафтная география Приморья. Ч. 1. Регионально-компонентная специфика и пространственный анализ геосистем: монография / В.Т. Старожилов. Владивосток: Изд-во Дальневост. федерал. ун-та, 2013. 276 с.
2. Нефедов В.В. Ландшафтная карта Сахалинской области масштаба 1: 2 000 000. Атлас Сахалинской области. М., 1967.
3. Старожилов В.Т. Окраинно-континентальные ландшафтные геосистемы Тихоокеанской России (Сахалинская область, Приморский край) // Материалы 11 международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы науки 20 века». М., 2015. С. 17–28.

СРЕДСТВА НЕПРЕРЫВНОГО И ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ПРОФИЛЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И УРОВНЯ ВОДЫ В ОЗЕРЕ

Озерные акватории отличаются высокой динамикой температуры среды, что связано с процессами энергообмена в приповерхностном слое, перемещениями масс воды, течениями, приливами и т.п. Систематические наблюдения температуры, уровня воды и объемов ее испарения служат необходимым инструментом контроля состояния водоема и, имея важное прикладное значение, являются необходимыми при изучении гидрологических особенностей водного режима и выработки научно обоснованных предложений по его регулированию.

Как известно, озерных станций в районе оз. Ханка в системе Росгидромета единицы, а гидрологическую информацию дает практически одна. На странице http://www.primgidromet.ru/about/karta_seti/astrahanka можно увидеть, что гидрологические работы на акватории оз. Ханка проводятся 1 раз в декаду (измерение температуры и влажности воздуха, направления и скорости ветра, температуры воды в поверхностном слое и на глубинах, наблюдение за волнением, прозрач-

ностью и цветом воды), тогда как реально за этот период успевают проходить мощные циклонические вихри, а грозовые ливни проходят порой несколько раз в течение недели, вызывая обильный сток воды в озеро с подтоплением участков в населенных пунктах.

В этой связи, учитывая явную потребность в создании системы комплексного мониторинга состояния озера, может оказаться полезным и востребованным опыт непрерывного и дистанционного контроля гидрофизических и гидрологических параметров, осуществляемый в морских мелководных акваториях и на морских экспериментальных станциях ТОИ ДВО РАН при выполнении натурных исследований. Принимая во внимание масштабы озера, оперативный и достоверный контроль этих параметров требует аналогичного развития и использования современных технических средств, способных своевременно, предпочтительно в реальном масштабе времени, предоставлять необходимый объем информации. Отметим, что контроль гидрофизических параметров среды контактными методами необходим и для верификации данных спутниковых наблюдений, которые, несомненно, будут востребованы в сложившейся ситуации.

Одной из проблем организации непрерывного мониторинга на акваториях Приморья является значительное снижение объема получаемой информации в период запрета использования маломерных плавсредств и выхода на лед в осеннее-зимний период. Обеспечить подледный регулярный контроль параметров воды в наиболее важных точках акватории могут срочные и долговременные постановки гидрофизического оборудования, обладающего наряду с необходимыми метрологическими характеристиками надежностью, мобильностью, невысокой себестоимостью и малым энергопотреблением. Опыт работ в условиях мелководных акваторий шельфа показал, что такой подход вполне оправдан, благодаря ему снижается интенсивность использования плавсредств, исключаются рутинные процедуры работы с приборами, обеспечивается непрерывность получения данных независимо от сезона и метеословий.

К основным параметрам, характеризующим тепловой и гидрологический режим озера и подлежащим регулярному (непрерывному) наблюдению, относятся температура воды (профиль температуры по глубине) и уровень воды в выбранных ключевых точках. Для измерения этих параметров нами разработано нестандартное оборудование, представляющее собой комплект автономных термогирлянд, оснащенных датчиками статического давления.

Следует отметить, что распределенные системы измерения температуры, дающие подробную информацию о температуре по глубине, используются гидрологами незаслуженно мало. В значительной степени это обусловлено большими массогабаритными параметрами оборудования, особенностями его эксплуатации и отсутствием надежной метрологической базы для таких устройств. Однако прогресс в области микроэлектроники, появление новых материалов и современные технологии позволяют в короткие сроки разработать и создать образцы такого оборудования под требуемую схему эксплуатации с организацией удаленного доступа, что особенно важно для заповедных акваторий, к каким относится часть акватории оз. Ханка.

Для условий шельфа изготовлены термогирлянды длиной от 30 до 60 м с числом термодатчиков до 30, при этом датчики расположены на грузонесущем кабеле диаметром 7 мм с равными или кратными интервалами, что позволяет изменять линейную плотность датчиков на перекрываемой глубине параллельной укладкой участков гирлянды. Компромисс между допустимой погрешностью измерений, количеством, ценой и габаритами датчиков был разрешен в пользу цифровых датчиков фирмы Dallas Semiconductor DS18B20. Данный тип датчика был выбран, как обеспечивающий необходимый диапазон температур, быстродействие, достаточную точность (точность измерения при 12-разрядном преобразовании составляет $\pm 0,0625$ °C в диапазоне температур от -10 °C до $+25$ °C), гарантированную изготовителем однородность и стабильность собственных параметров. Использование гибкого грузонесущего кабеля с продольной герметизацией и защитной оболочкой из полиуретана, полиуретановых герметиков для гидроизоляции датчиков, а также применение морозостойкой элементной базы и источника электропитания позволило эксплуатировать термогирлянду круглогодично, в том числе при значительных отрицательных температурах воздуха. Регистрирующая часть включает микроконтроллер, энергонезависимую память для хранения данных, часы реального времени, блок питания, а также драйвер цифровой линии и радиомодуль для передачи данных на внешний компьютер [1]. В целях контроля глубины места в точке постановки и регистрации приливно-отливных явлений на донном конце термогирлянды установлен датчик гидростатического давления.

На рис. 2.15 приведен пример обработки измерений пространственно-временного температурного поля.

Небольшие глубины оз. Ханка позволяют вместо постановки термогирлянды на поверхностный или притопленный буй использовать заглубленные в дно мачты, что обеспечит дополнительно контроль приповерхностных температур воздуха. Измерения и запись температуры выполняются с программируемым интервалом времени в широком диапазоне, а общая продолжительность регистрации данных в автономном режиме может составлять несколько месяцев.

На рис. 2.16 показаны варианты постановки термогирлянды с ледового покрова и ее внешний вид.

Еще одним перспективным инструментом для мониторинга интегральной температуры на линейных трассах, проходящих через акваторию озера, могли бы стать технические средства, разработанные в ТОИ ДВО РАН с применением методов акустической томографии морской среды [2]. Такие средства позволяют на базе двух гидроакустических трансиверов контролировать изменение скорости прохождения акустического импульса в воде между их позициями, связанное с изменением температуры среды. Используемые методы, их техническая и программная реализация позволяют проводить также измерения и расчеты уровня воды в условиях мелководных акваторий по измеренным временам распространения акустических импульсов. Тестирование метода и аппаратуры проводилось для глубин от 7 до 45 м и дистанций между излучателем и приемником от 100 до 3000 м. Стационарное размещение приемных и излучающих систем на грунте, а оборудования — на берегу в нескольких ключевых точках акватории озера после

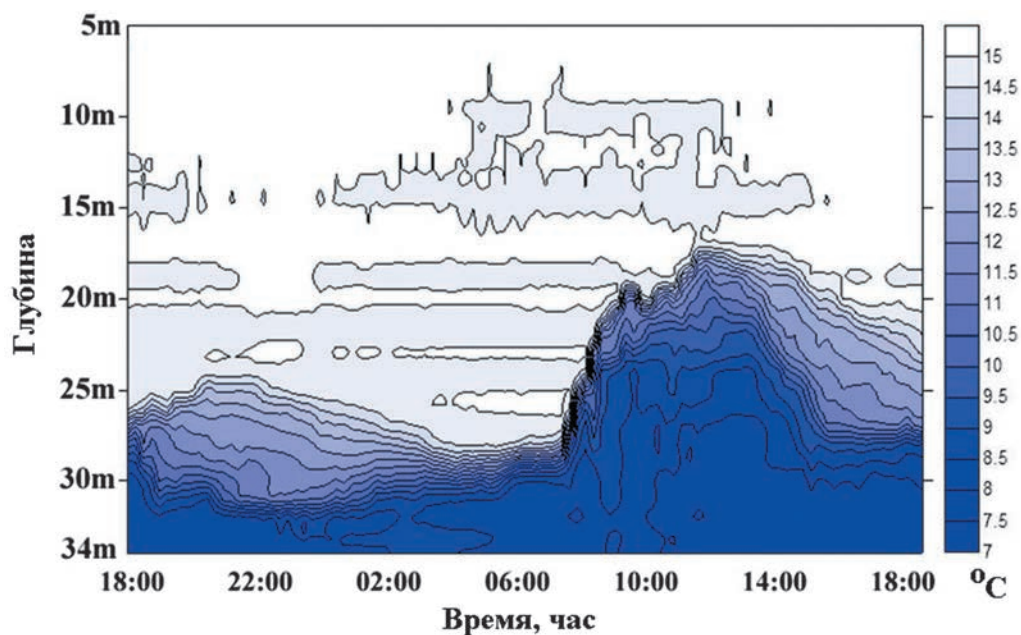


Рис. 2.15. Суточная изменчивость температуры, зарегистрированная термогирляндой (б. Витязь 18–19.10. 2014 г.)

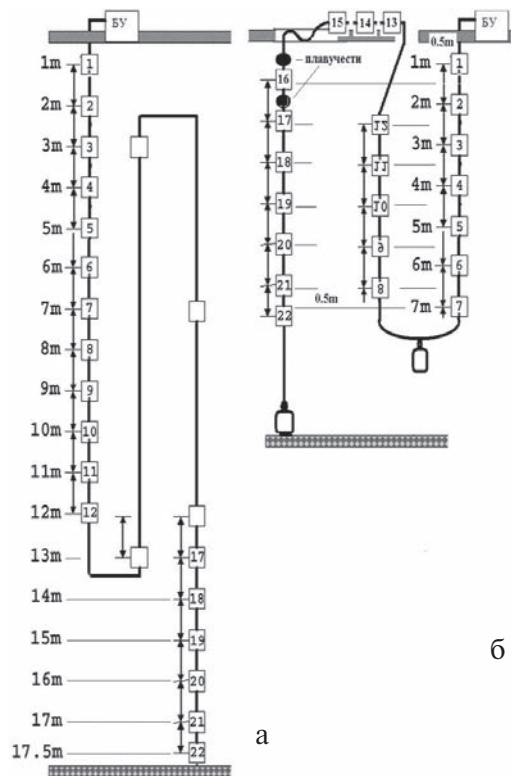


Рис. 2.16. Варианты постановки термогирлянды с ледового покрова (а), термогирлянда на льду Амурского залива перед постановкой (б)

проведения необходимых исследований и калибровок позволило бы создать круглогодичную и устойчивую к метеоусловиям систему мониторинга температурного и гидрологического режима озера.

Литература

1. RU139660 U1 Устройство для измерения профиля температуры: патент на полезную модель / А.А. Тагильцев, М.Ю. Черанев, Р.А. Гончаров. Заявл. 10.01.2014. Опубл. 20.04.2014. Бюл. № 11.
2. Половинка Ю.А., Азаров А.А., Лебедев М.С. Метод и программа для мониторинга параметров водной среды в мелководных акваториях по данным акустического зондирования // Подводные исследования и робототехника. 2012. № 1(13). С. 57–67.

УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ЛЬДА

Для исследования термического режима водоема и расчетов его теплового баланса важное значение имеет количественная сезонная оценка теплового состояния водных масс и ледового покрова. Подобные оценки требуют достаточного статистического материала, который может быть получен только на основе развитой сети наблюдений с организацией регулярного измерения гидрофизических и гидрологических параметров среды. С учетом масштабов оз. Ханка и явно недостаточного числа озерных станций проблема получения экспериментальных данных должна решаться созданием автономных регистрирующих систем (автоматических гидрологических постов), способных давать информацию и в осенне-зимний период, когда полевые исследования особенно затруднительны, но крайне необходимы.

Нами разработаны и апробированы в ледовых условиях Амурского залива устройства, предназначенные для измерения (в том числе в автономном режиме) температурных характеристик льда и извлекаемых из него кернов. Особенностью устройств является использование в измерительной части цифровых термодатчиков среднего класса точности, многоканальность, компактность, возможность регистрации данных в энергонезависимой памяти, а также передачи этих данных по кабелю и беспроводным каналам связи, возможность подключения к локальной сети.

Многоканальное устройство для измерения температуры льда. Прибор предназначен для долговременных температурных измерений как непосредственно в ледовой толще, путем вмораживания щупов в лед, так и для измерения температуры в подготовленном извлечённом ледовом керне.

Прибор оснащен 10 цифровыми датчиками фирмы Dallas Semiconductor DS18B20 (рис. 2.17). Измерения температуры выполняются с программируемым интервалом времени и инструментальной погрешностью 0,1 °С. Использование тонкого кабеля с продольной герметизацией и внешней оболочкой из полиуретана, полиуретановых смесей для защиты от морской воды подключаемых датчиков, а также применение морозостойких элементов электропитания позволило эксплуатировать устройство при значительных отрицательных температурах воздуха и воды [Тагильцев А.А., Лазарюк А.Ю., Черанев М.Ю., Гончаров Р.А. Многока-

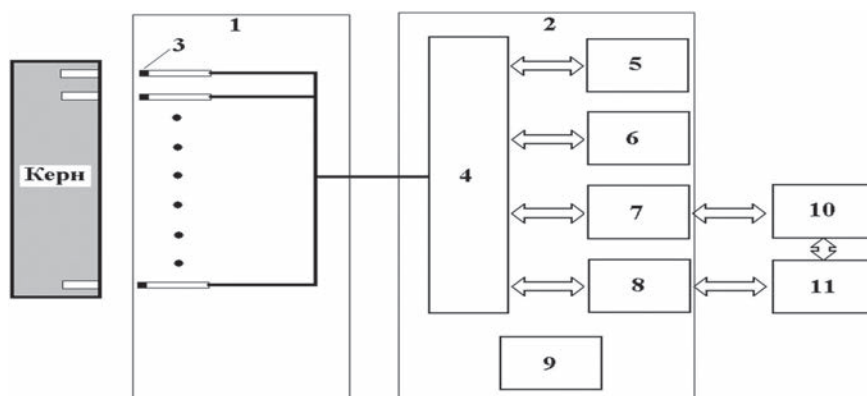


Рис. 2.17. Структурная схема многоканального устройства для измерения температуры льда: 1 – измерительная часть, 2 – регистрирующая часть, 3 – термодатчики, 4 – микроконтроллер, 5 – память, 6 – часы реального времени, 7 – драйвер цифровой линии, 8 – радиомодуль, 9 – блок питания, 10 – последовательный порт компьютера, 11 – приемопередатчик радиоканала

нальное устройство для измерения температуры льда: пат.155829 U1 РФ. Заявл. 29.04.2015. Оpubл. 20.10.2015. Бюл. 29].

Измерительная часть устройства состоит из параллельного ряда датчиков DS18B20, подключенных по схеме 1-wire к общему сигнальному проводу кабеля, разветвляющегося на конце на 10 термочувствительных шупов (рис. 2.18). Кабель содержит три значимых проводника: сигнальный, питания и общий. Датчики позволяют использовать один провод питания в качестве информационного, но в целях повышения надежности и помехозащищенности в данном варианте используется разделение питания и информации по разным проводникам. Предлагаемая конструкция прибора позволяет проводить как оперативные, так и долговременные измерения набором датчиков непосредственно в ледовом покрове, исключив традиционную рутинную процедуру последовательных измерений и повысив скорость и точность измерений (рис. 2.19).

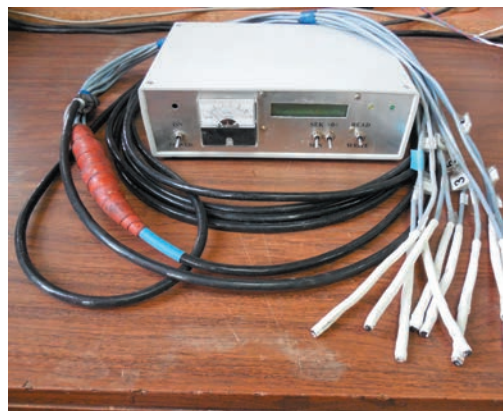


Рис. 2.18. Внешний вид многоканального устройства для измерения температуры льда



Рис. 2.19. Ледовый керн с установленными измерительными шупами

Проведенные с помощью прибора исследования показывают, что в зимний период температура на поверхности льда близка к температуре воздуха, а на нижней поверхности соответствует приблизительно температуре замерзания воды. Поверхностная температура льда испытывает суточные и сезонные изменения, следуя за температурой воздуха, а температура на нижней границе льда почти постоянна.

На рис. 2.20 представлен пример обработки данных распределения температуры (профилей температуры) в извлеченных из ледового покрова кернах.

Из диаграмм видно, что динамика температуры в кернах, отобранных в январе–марте, отражает влияние метеоусловий и выравнивание температуры по глубине кернов, предшествующее разрушению ледового покрова.

Терморамы. Прибор предназначен для автономного измерения температуры льда и температуры прилегающих воздушной и водной сред.

Прибор оснащен 20 цифровыми датчиками фирмы Dallas Semiconductor DS18B20 (рис. 2.21). Измерения температуры выполняются с программируемым интервалом времени и инструментальной погрешностью $0,1^{\circ}\text{C}$. В конструкции терморамы датчики распределены матрицей в плоскости и частично парами на одном горизонте, что позволяет не только провести осреднение измеряемых значений температуры, но и получить картину градиентов температурного поля в ледовом покрове и прилежащих средах.

Измерительная часть терморамы вмораживается в лед и соединяется кабелем с бортовым устройством. Питание автономное, интервал измерений – 1 мин. Максимальная длительность непрерывного периода измерений для данного устройства – 35 сут, и при необходимости может быть увеличена.

На рис. 2.22 показана схема постановки терморамы в феврале–марте 2016 г. в б. Алексеева (о. Попова). На рис. 2.23 приведены результаты измерений, а на рис. 2.24 для сопоставления – температурные данные метеостанции.

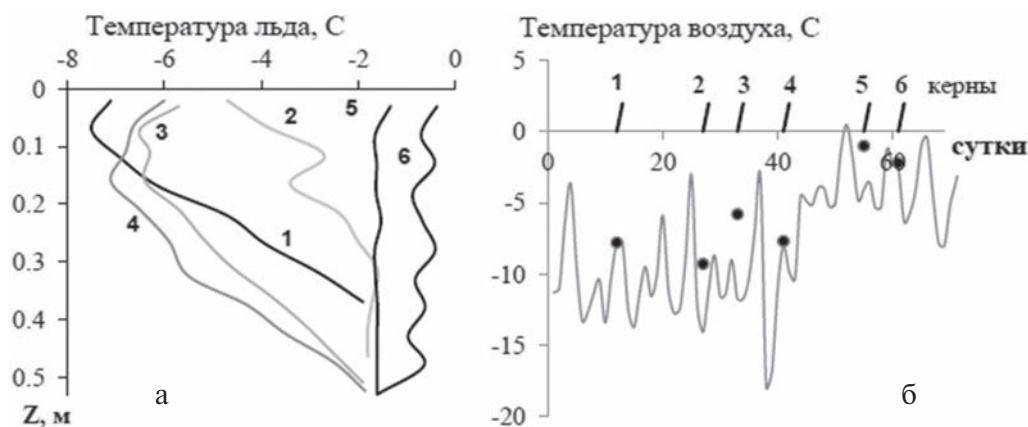


Рис. 2.20. Профили температуры, измеренные макетом многоканального термометра, в кернах льда б. Новик на станции, $43^{\circ} 3.2' \text{с.ш.}$, $131^{\circ} 50.3' \text{в.д.}$. (а). Нумерация кернов 1–6 соответствует датам отбора: 12, 27 января, 2, 10, 24 февраля и 2 марта 2015 г. График среднесуточной температура воздуха на метеостанции Владивосток с 1 января по 12 марта 2015 г. (<http://rp5.ru>) и её измеренные значения в момент отбора кернов льда (б)



Рис. 2.21. Внешний вид терморамы

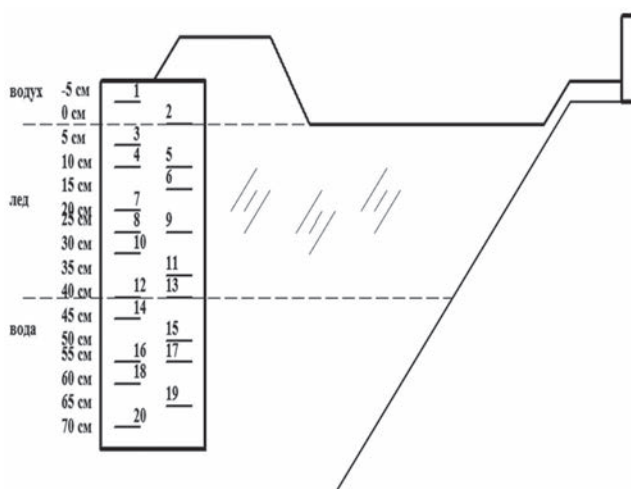


Рис. 2.22. Схема постановки терморамы. 1–20 – позиции датчиков температуры

Из приведенных рисунков следует, что термический режим акватории заканчивает фазу устойчивой зимней стратификации. На последнем этапе измерений наблюдается плотностная стратификация, связанная с прогревом поверхностного слоя воды в связи с увеличением количества солнечной радиации, проходящей через толщу льда.

Изучение и контроль характеристик ледового покрова озера необходимы не только для оценки тепловых потоков. Важное прикладное значение имеет для разработки и эксплуатации инженерных сооружений на акватории и береговой

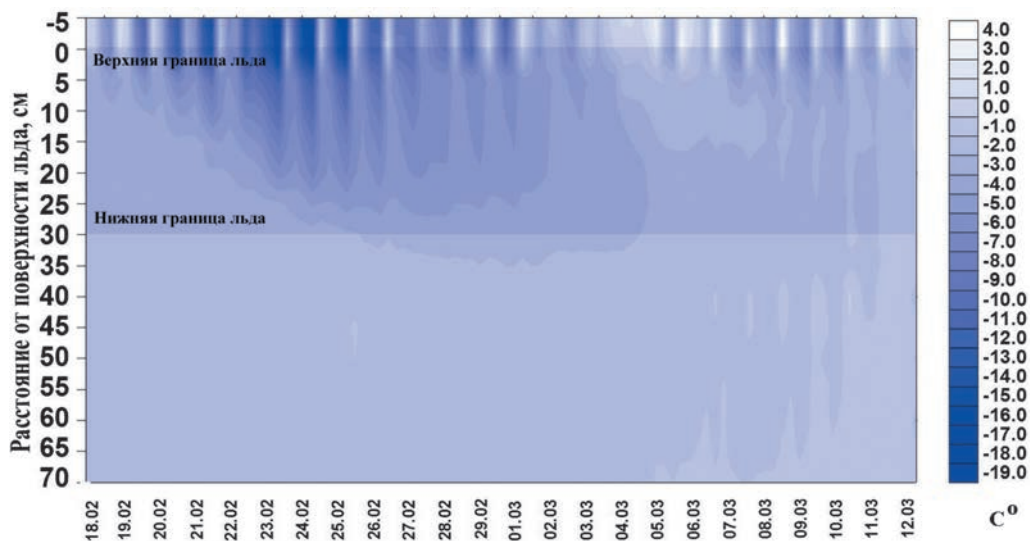


Рис. 2.23. Пространственно-временная изменчивость температуры льда, прилегающей воздушной и водной среды в б. Алексеева о. Попова с 18 февраля 2016 14:00 по 12 марта 2016 14:00

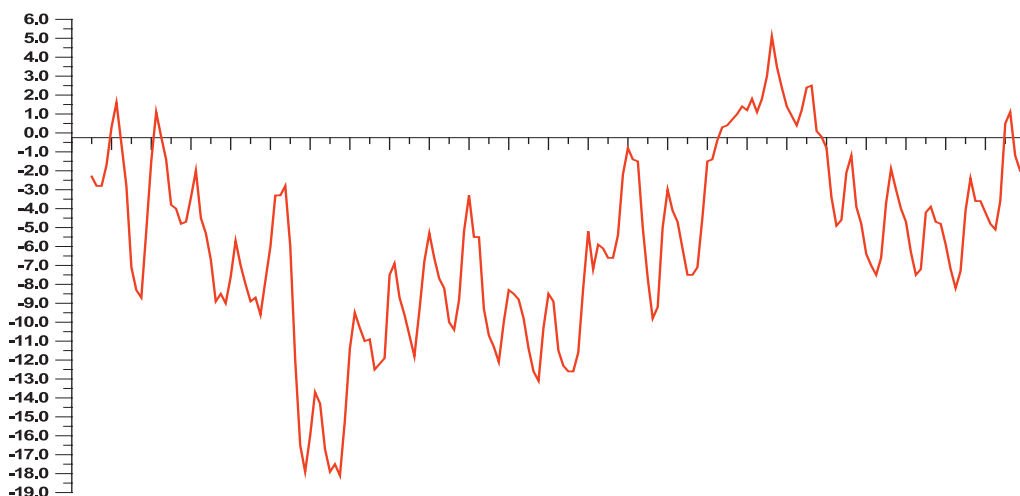


Рис. 2.24. Температура воздуха по данным метеостанции WMO_ID=31960, выборка с 18.02.2016 по 12.03.2016 (<http://rp5.ru>)

линии знание таких физических свойств льда, как объемное тепловое расширение, теплоемкость и теплопроводность, а динамика температурного поля ледового покрова позволяет судить о процессах его развития и разрушения.

В разработанных устройствах используются распространенные и недорогие компоненты, что делает устройства бюджетными и доступными для тиражирования. Последнее является немаловажным при организации масштабной измерительной сети на акватории оз. Ханка.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАЛЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИСТИННЫХ ГРАНИЦ ОЗЕРА ХАНКА

Современное развитие методов мониторинга за состоянием пресноводных водоемов с использованием спутников в последние годы перешло на новый уровень. Стало возможным не только наблюдать за границами водоемов, но также измерять толщину льда, определять уровень воды с использованием исключительно спутниковых данных и даже определять силу и продолжительность ветрового нагона в акватории водоёмов по данным, полученным в ходе спутниковых наблюдений.

Развитие спутникового мониторинга достигло значительных вершин, однако есть задачи, для решения которых использование спутников недостаточно. Эти задачи могут появиться, когда наблюдение необходимо провести оперативно, при облачности и с разрешением менее 500 x 500 см. Для решения этих задач подходит использование малых летательных аппаратов. Использование малых летательных аппаратов возможно при низкой облачности, в темное время суток, разрешение полученных снимков на десятки порядков превышает спутниковые снимки, так

как высота наблюдения может быть минимальна. Ограничением к использованию могут быть лишь осадки и сильный ветер.

На примере исследования разлива оз. Ханка использование малых летательных аппаратов (квадрокоптеров) показало свою эффективность. Так, действительные границы озера удалось определить лишь на снимках с квадрокоптера. На спутниковых снимках участки воды при толщине менее 0,5 м легко спутать с территорией суши, заросшей травой, когда по факту они являются подтопленной территорией, связанной с озером. Зеркало воды скрывается под стеблями болотных растений, кроме этого вода без активной аэрации зарастает ряской, которая тоже в свою очередь на спутниковых изображениях может идентифицироваться как земля, заросшая травой (рис. 2.25).

Безусловно, если бы мы имели большие площади воды, покрытой ряской, то, по отличиям спектральных характеристик изображений, возможно отличить воду, покрытую ряской, от поля, заросшего травой, но, когда речь идет о точечных включениях кочек, заросших болотной растительностью, точная идентификация подтопленных территорий по спутниковым снимкам может представлять определенную сложность (рис. 2.26). Весной 2016 г. с помощью квадрокоптера DJI phantom 2 была установлена реальная граница восточного побережья озера Ханка (рис. 2.27).

Изображения, получаемые с квадрокоптера DJI phantom 2, из-за широкого обзора объектива имеют высокое искажение (рис. 2.28), при работе с ними важно это учитывать. Визуально крайне сложно определить действительное расстояние до объекта по изображениям, полученным во время аэрофотосъемки (рис. 2.29).



Рис. 2.25. Озеро, заросшее ряской, имеющее 3 градации цвета.
DJI phantom 2, высота съемки 100 м



Рис. 2.26. Восточное побережье оз. Ханка. DJI phantom 2, высота съемки 50 м



Рис. 2.27. Границы оз. Ханка весна 2016 г., установленные с помощью аэрофотосъемки малым летательным аппаратом DJI phantom 2

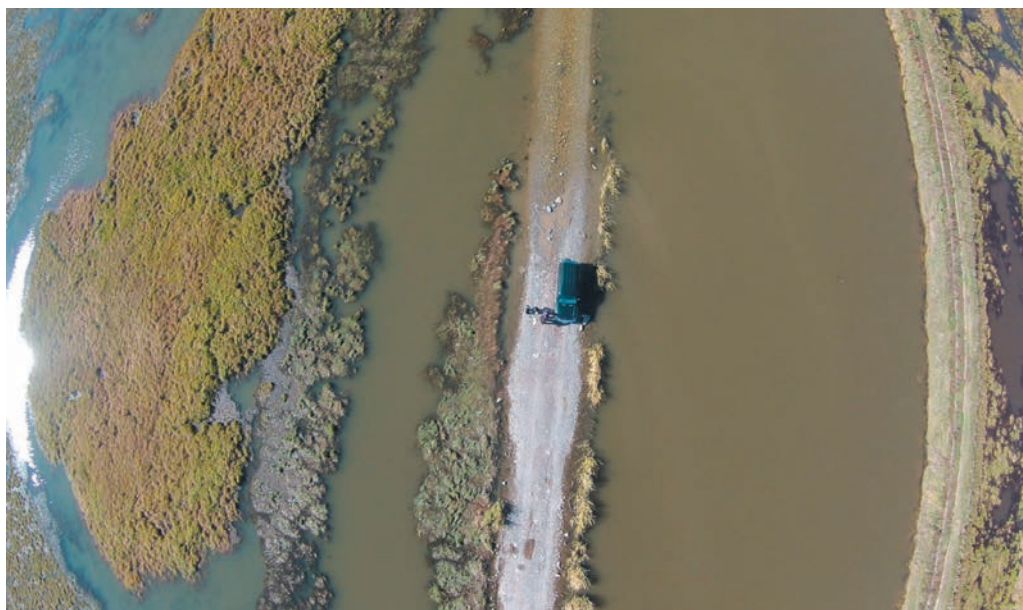


Рис. 2.28. Съемка с квадрокоптера DJI phantom 2, высота съемки 50 м

Все проблемы, которые могут возникнуть при визуальной обработке изображений, полученных с помощью малых летательных аппаратов, легко преодолимы при программной обработке изображений. При применении алгоритмов экстраполяции возможно не только в автоматическом режиме исправлять искажения, вызванные кривизной линзы, но и автоматически преобразовывать отдельные изображения в слои в GIS системах. Таким образом, можно накладывать слои полученные с заданным временным интервалом, для изучения динамики изменений (рис. 2.30 а, б).

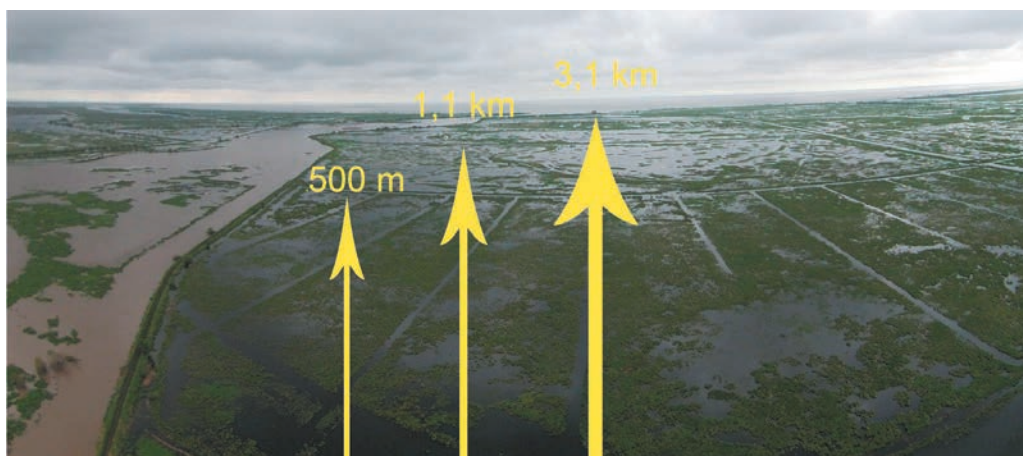


Рис. 2.29. Шкала расстояний до объектов от точки проведения аэрофотосъемки. Съемка с квадрокоптера DJI phantom 2, высота съемки 100 м



Рис. 2.30. Изображения со спутника с. Новосельское: а – изображение по данным ресурса Google maps; б – изображение по данным ресурса Google maps с наложением слоя, созданного из данных, полученных при аэрофотосъемке



Рис. 2.31. Модель вида с. Новосельское с высоты 933 м с наложением слоя, созданного по изображениям, полученным при аэрофотосъемке

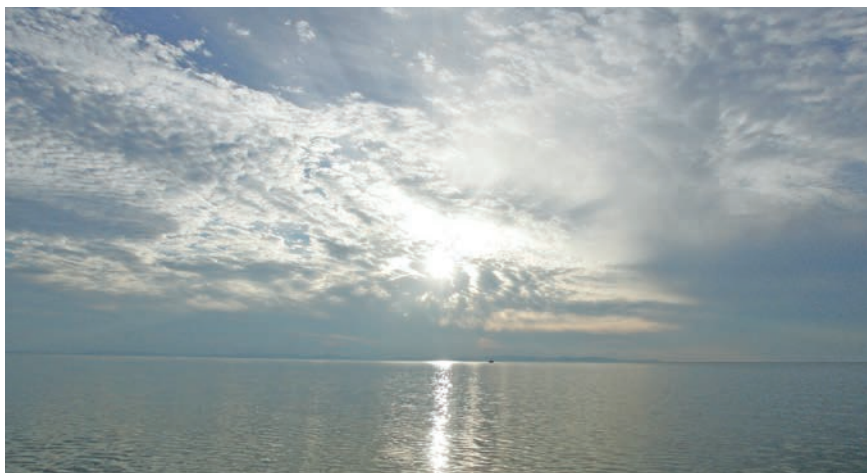


Рис. 2.32. Панорамный вид с. Новосельское, высота съемки 100 м



Рис. 2.33. Панорамный вид водных каналов, прилегающих к водно-насосной станции с. Новосельское, высота съемки 50 м

Современные технологии позволяют импортировать созданные слои в любые GIS системы, что позволяет использовать все доступные возможности этих платформ. Например, в приложении Google maps можно смоделировать, как будет выглядеть исследуемый участок с высоты 1000 м или любой другой (рис. 2.31). Компьютерная обработка позволяет создавать панорамные виды интересующих территорий (рис. 2.32, 2.33).



РАЗДЕЛ 3

БИОРЕСУРСЫ ТЕРРИТОРИИ ПРИХАНКАЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ И ОЗЕРА ХАНКА. ТРАНСФОРМАЦИЯ И УСТОЙЧИВОСТЬ ЭКОСИСТЕМ

СОСТАВ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ БАСЕЙНА ОЗЕРА ХАНКА

Инвентаризация почвенного покрова осуществляется для целей проектирования — составления технико-экономических докладов (ТЭДов), технико-экономических обоснований (ТЭО), схем рационального использования земельных и водных ресурсов бассейнов крупных рек, озер (Схем). Направлена она на оценку такого важного территориального фактора, как земельные ресурсы. Она (инвентаризация), как это исторически сложилось, включает два этапа: 1) разработку научной классификации почв на основе их генезиса, свойств профиля и системы оценок почв по их агрономическим, рекреационным, селитебным и другим свойствам; 2) прикладной, территориальный этап — картографический учет почв с подсчетом площадей и разработкой рекомендаций по их эффективному использованию, охране от деградации и, при необходимости, рекультивации.

Первый этап инвентаризации связан с работами Г.И. Иванова [9—11]. По результатам этих работ была отражена специфика генезиса почв, разработана их классификация. Это позволило провести сплошное почвенное обследование земель сельскохозяйственного назначения всего Приморского края (в том числе и бассейна оз. Ханка) в масштабах 1: 10 000—1:25 000. Для оценки почв была предложена агропроизводственная группировка почв [23], разработана концепция показателей плодородия почв [19, 20]. Все эти разработки позволили отразить общие географические закономерности распределения почв в бассейне оз. Ханка [13, 25], выполнить специальное почвенно-мелиоративное районирование в связи с развитием рисосеяния [1, 12].

Классификация Г.И. Иванова показала свою жизнеспособность, так как достаточно полно соответствовала существующему разнообразию почв и требованиям крупномасштабного почвенного картирования. На её основе была выполнена сводка данных по состоянию почв сельскохозяйственного назначения как сельскохозяйственных округов (в границах сельхозпредприятий), так и по всей территории края. Однако за этот период накопились новые фактические данные по специфике генезиса, разнообразию мелких классификационных единиц. Требовали отражения при детальной почвенной съемке варианты и степень антропогенного влияния. Поэтому была выполнена корректировка этой классификации [26]. В ней были учтены результаты последующих почвенно-генетических и почвенно-экологических исследований [18, 22] и прикладных разработок [6, 15—17, 24, 33]. Применение ее на практике, к сожалению, не осуществилось из-за отсутствия практического спроса на почвенную съемку сельхозпредприятий и из-за вышедшей новой классификации почв России (2004 г.). Однако классификация почв Приморского края,

утвержденная и введенная в действие в 1964 г. постановлением Приморского крайисполкома (и не отмененная) для всех прикладных исследований, выполняемых на территории края, является и в настоящее время действующей.

Картирование почвенного покрова бассейна оз. Ханка осуществлялось неоднократно. Первые работы проводились в рамках переселенческого управления В.П. Смирновым [32], К.Д. Глинкой [3], восстановления хозяйства после гражданской войны и интервенции Н.И. Прохоровым [31], при решении задач организации землеустройства коллективных сельскохозяйственных предприятий М.А. Жуковой [7].

В дальнейшем в бассейне оз. Ханка проводились исследования А.А. Хантулевым [34], Г.И. Ивановым [8], О.В. Бутузовой [2]. Только небольшая часть этих опубликованных результатов исследований сопровождалась схематическими почвенными картами-схемами.

Основные особенности почвенного покрова российской части бассейна оз. Ханка представлены на штриховой почвенной карте сельскохозяйственной территории Приморского края масштаба 1:300 000 [14], абрисно они отражены на почвенной карте Российской Федерации (М 1: 2 500 000), почвенной карте Приморского края масштаба 1: 500 000 [28]. В 60–70-х гг. XX в. к почвенному покрову бассейна было привлечено особое внимание в связи с развитием рисосеяния и разработкой перспектив мелиоративного обустройства бассейна р. Уссури [5, 12]. В результате разработки предпроектной и проектной документации были составлены на территорию низких озерно-речных террас среднемасштабные почвенные карты масштаба 1: 100 000. Следующий этап исследований почвенного покрова бассейна связан с обобщением предыдущих картографических работ и эколого-хозяйственных оценок для целей разработки природоохранных мероприятий [21, 35].

Для учета состава почв нами была использована почвенная карта Приморского края масштаба 1:1 000 000, смонтированная из 10 отдельных миллионных листов Государственной почвенной карты России. На неё были наложены границы районов. По этим листам подсчитаны площади контуров в пределах каждого из административных районов. Результаты учета представлены в табл. 3.1. Для отражения степени и характера территориального проявления различных характеристик почвенного покрова нами предложена шкала оценочных показателей, представленная ниже в следующем виде. Характер проявления и степень выраженности показателей при сплошном воздействии: 0 – отсутствие (или ничтожное воздействие), 1 – слабое, 2 – среднее, 3 – сильное, 4 – очень сильное, 5 – чрезвычайное воздействие. При локальном воздействии оценочный бал заключён в скобках

Географические закономерности распределения почвенного покрова в бассейне оз. Ханка описаны ранее [13]. Бассейн оз. Ханка расположен в двух зонах: 1) Приханкайская провинция зоны луговых черноземовидных, лугово-бурых оподзоленных, луговых глеевых оподзоленных (отбеленных) и оподзоленно-глеевых (осолоделых) почв под травяно-луговой растительностью (прериями); 2) зона бурых лесных, бурых лесных оподзоленных под хвойно-широколиственными лесами.

Таблица 3.1. Состав почв административных районов бассейна оз. Ханка, % к площади района

ПОЧВЫ	Административные районы						Бассейн**
	Пограничный*	Ханкайский*	Хорольский*	Черниговский*	Михайловский*	Спасский*	
Горные бурые лесные кислые (не насыщенные)	1,5	4,5	—	2,4	2,6	13,3	3,9
Горные бурые лесные оподзоленные	19,9	35,5	6,5	24,4	13,0	2,2	18,2
Горные бурые лесные глеевато-оподзоленные	—	—	—	—	2,2	7,4	1,4
Подзолисто-бурые лесные типичные (БП***)	—	15,1	4,9	33,9	—	11,8	9,5
Подзолисто-бурые лесные поверхностно-глееватые (БП)	15,5	8,6	23,8	—	9,0	11,4	12,8
Бурые лесные типичные	44,0	11,7	—	—	16,4	—	15,8
Бурые лесные оподзоленные	3,0	—	5,9	26,7	31,4	1,8	9,8
Лугово-бурые типичные и отбеленные	7,9	9,8	21,7	—	23,7	1,0	10,4
Луговые глеевые	—	0,6	—	6,6	—	6,0	1,8
Луговые глеевые осолоделые	—	—	20,4	—	—	—	2,8
Луговые глеевые орошаемые	—	6,9	6,6	2,2	—	2,3	1,3
Аллювиальные дерновые	8,3	7,4	7,0	3,8	—	7,4	6,0
Аллювиально-болотные иловато-глеевые (плавневые)	—	—	3,1	—	1,6	31,5	5,7
Болотные низинные, торфянисто- и торфяно-глеевые	—	—	—	—	—	3,9	0,6
Итого	100	100	100	100	100	100	100

Примечание. * от площади муниципального района, ** от площади бассейна. *** БП – буро-подзолистые. Прочерк означает, что в масштабе карты из-за генерализации эти почвы не отражены, хотя имеют место.

Горные почвы (выше 200 м н.у.м.) в бассейне оз. Ханка составляют чуть больше пятой части бассейна и приурочены они к западной части (Пограничный хребет и его отроги) и восточной части (Синий хребет и его отроги, западные отроги гор Пржевальского) Приханкайской депрессии. В Спасском районе они занимают треть площади. Бурые лесные типичные и оподзоленные, приуроченные к мелкосопочнику и отдельным останцовым возвышенностям, занимают четверть территории бассейна. На более чем 40% площади эти почвы представлены в Пограничном и Михайловском районах, почти 30% – в Черниговском, чуть больше 10% – в Ханкайском, менее 10% – в Хорольском и Спасском районах. Буро-подзолистые почвы, преимущественно высоких расчлененных озерных террас. В пределах бассейна они занимают 22% площади. По районам их наличие выглядит следующим образом: более 30% – в Черниговском и Хорольском районах, более 20% – в Спасском и Ханкайском, 16% – Пограничном, менее 10% – в Михайловском районе. Лугово-бурые типичные и отбеленные почвы, представляющие основной фонд распахиваемых земель, составляют всего лишь 10,4% от площади бассейна. В Хорольском и Михайловском районах они составляют соответственно 21,7% и 23,7%. В Черниговском районе такие почвы не выявлены. В Спасском районе

таких почв всего 1%. В Пограничном и Ханкайском районах — менее 10%. Луговые глеевые почвы, занимающие низкие озерные террасы, пригодные и используемые для рисосеяния, занимают почти 6% территории. Наибольшие их площади сосредоточены в Хорольском районе (20,4%). Они в этом районе представлены преимущественно осолоделыми почвами. Орошаемые луговые глеевые почвы расположены в Ханкайском, Хорольском, Черниговском и Спасском районах. Их нет в Пограничном и Михайловском районах. Аллювиальные почвы в пределах бассейна занимают 12%, из них аллювиальные дерновые — 6%. Основной массив аллювиально-болотных иловато-глеевых (плавневых) почв сосредоточен в Спасском районе (33,8% от площади района). Собственно болотные почвы составляют менее 1% площади бассейна.

Результаты обобщения почвенных изысканий сведены в виде почвенно-географического районирования, представленного в табл. 3.2. Здесь же представлен такой показатель, как сельскохозяйственная освоенность почвенно-географических выделов.

При значительном разнообразии почв (более 200 разновидностей), сложности почвенного покрова и многообразии их экологического состояния и форм его использования для хозяйственной оценки необходима группировка почв. Таковая была разработана ранее на основе приуроченности почв к геоморфологическим уровням, определяющим условия их образования и показатели природного их состояния [20]. Общая характеристика основных групп почв по их составу, гранулометрическому составу, рельефу, пригодности и условиям их сельскохозяйственного использования представлена в табл. 3.3.

- I группа. Занимает вершины и склоны различной крутизны в пределах низкогорий, мелкосопочника, склонов базальтовых плато и останцов древней денудации. В её составе распространены бурые лесные типичные, оподзоленные, глееватые, глеевые почвы. Оглеенные и оподзоленные почвы формируются на более пологих склонах, где затруднен дренаж. Они в разной степени каменистые, преимущественно маломощные, под пашней слабо гумусированные. По гранулометрическому составу разнообразны: от щебнисто-дресвянистых супесей и легких суглинков до каменистых глин. Потенциальная эрозионная опасность этой группы почв наибольшая. Переувлажняются они в различной степени, большей частью — временно (глееватые почвы). Используются под многолетние плодово-ягодные насаждения, но экологически наиболее приемлемым является возделывание на них кормовых культур в специальных противоэрозионных севооборотах с зерновыми и многолетними травами. Для производства экологически чистой продукции необходимо учитывать прежде всего возможность загрязнения тяжелыми металлами и большую вероятность почвенно-геохимических аномалий.

- II группа приурочена к плоским вершинам, средним частям склонов увалов и нижней трети пологих склонов сопок. Её составляют бурые отбеленные (буро-подзолистые) и бурые отбеленные (буро-подзолистые глееватые) почвы. В северной и южной частях края встречаются преимущественно глееватые. По гранулометрическому составу это тяжелые суглинки на средних и тяжелых гли-

Таблица 3.2. Бассейн оз. Ханка в системе почвенно-географического районирования

Индекс	НАЗВАНИЕ	Площадь, тыс. га		Сельхозосвоенность, %
		округа, района	сельхозугодий	
А	Зона луговых черноземовидных, лугово-бурых типичных и оподзоленных (отбеленных), луговых глеевых оподзоленных (отбеленных) и оподзоленно-глеевых (осолоделых) почв под луговой растительностью (прериями) и лесо-прериями	1250,2	826,9	66,1
А I	Провинция Приханкайская равнинная	1250,2	826,9	66,1
А I-1	Округ Приханкайско-Сунгачинский	385,6	66,1	
А I-1 ₁	Район Комиссаровский дельтовый	19,0	19,0	100
А I-1 ₂	Район Южно-Ханкайский приозерный	149,6	149,6	100
А I-1 ₃	Район Усури-Сунгачинский приозерно-долинный	217,0	216,9	100
А I-2	Округ Ханкайско-Раздольненский холмисто-увалистый	288,6	276,9	95,9
А I-2 ₁	Район Пограничный останцово-равнинный	58,9	53,4	90,7
А I-2 ₂	Район Хорольско-Турейрогский полого-волнистый	119,0	117,8	99,0
А I-2 ₃	Район Галенковский холмисто-увалистый	110,7	105,7	95,5
А I-3	Округ Арсеньевско-Ханкайско-Уссурийский увалисто-холмистый	576,0	164,5	28,6
А I-3 ₁	Район Русановско-Павлофедоровский	157,9	48,1	30,5
А I-3 ₂	Район Черниговско-Спасский волнисто-увалистый	149,8	56,2	37,5
А I-3 ₃	Район Михайловско-Ивановский волнисто-увалистый	268,3	60,2	95,9
Б	Зона бурых лесных, бурых лесных оподзоленных (отбеленных) и глеевато-оподзоленных (отбеленных) почв под хвойно-широколиственными и широколиственными лесами	1388,0	111,5	8,0
Б I	Провинция Хасано-Гродековская мелкогорная	602,3	107,6	17,9
Б I-1	Округ Гродековско-Хорольский мелкосопочно-низкогорный	602,3	17,9	17,9
Б I-1 ₁	Район Гродековский низкогорный	521,1	7,2	7,2
Б I-1 ₂	Район Хорольский низкогорно-мелкосопочный	81,2	86,6	86,6
Б II	Провинция Западно-Сихотэ-Алинская низкогорно-равнинная	785,7	3,9	0,5
Б II-1	Округ Западно-Сихотэ-Алинский горный	785,7	0,5	0,6
	Район Синегорский низкогорно-среднегорный (частично)	418,7	0	0
	Район Артемовско-Комаровский низкогорный (частично)	367,0	3,9	1,1

Таблица 3.3. Характеристика основных групп почв

Индекс группы почв	Входящие в группу почвы	Гранулометрический состав	Преобладающий рельеф	Пригодность почв и условия их сельскохозяйственного использования
I	Бурые лесные типичные, оподзоленные, глееватые	В разной степени каменистые суглинки и глины, редко супеси	Пологие склоны и вершины базальтовых плато, среднегорий, мелкосопочника, высоких холмистых (увалистых) террас	Под сады, ягодники, виноградники. Культурные резервные (на период наводнений) пастбища, сенокосы.
II	Буро-подзолистые типичные, глееватые и глеевые	Тяжелые суглинки на средних и тяжелых глинах	Средние пологие части склонов увалов, плоские вершины, пологие нижние части склонов сопок	После окультуривания под полевые, кормовые, овощные культуры с противоэрозионными агро-мелиорациями
III	Лугово-бурые типичные глееватые и глеевые, оподзоленные	Средние и тяжелые суглинки на тяжелых глинах	Междуречья и склоны средневысоких озерно-речных террас	При простейших осушительных агро-мелиорациях под полевые, кормовые, овощные культуры
IV	Луговые глеевые типичные, оподзоленные (осолоделые, отбеленные), оподзоленно-глеевые, перегнойно-глеевые	Тяжелые суглинки и глины на тяжелых глинах	Низкие озерно-речные террасы	После гидромелиоративного строительства (иригации и планировки) под рисовые севообороты с гребневой агро-мелиорацией под суходольные культуры
V	Остаточно-пойменные буроземные, типичные, глееватые, иловато-перегнойно-глеевые, торфянисто- и торфяно-глеевые	Средне- и легко-суглинистые на песках, супесях и галечниках	Первая и вторая надпойменные террасы	После защиты от наводнений – под овощные, кормовые, полевые севообороты
VI	Торфяники, торфянисто- и торфяно-глеевые, перегнойно-глеевые почвы	Торфы разной степени разложения, зольности и заиленности	Низкие местоположения в комплексах с IV и V группами	После осушения, организации противопожарных мер защиты и первичного освоения – под кормовые севообороты, культурные сенокосы

нах. В целинном состоянии почвы крайне маломощны, повсеместно подвержены эрозии и больше всех других нуждаются в противоэрозионных мероприятиях, комплексном окультуривании; требуют особо бережного к себе отношения. При переувлажнении атмосферными осадками, сильной дегумификации, дезагрегации и чрезмерном уплотнении эти почвы должны использоваться под пастбища, а как пахотные — только при значительной насыщенности севооборотов многолетними травами. В северо-восточной части бассейна встречаются преимущественно глееватые разности этих почв.

По гранулометрическому составу это тяжелые суглинки на средних и тяжелых глинах. В целинном состоянии почвы крайне маломощны, повсеместно подвержены эрозии и больше всех других нуждаются в противоэрозионных мероприятиях, комплексном окультуривании; требуют особо бережного к себе отношения. При переувлажнении атмосферными осадками, сильной дегумификации, дезагрегации и уплотнении эти почвы должны использоваться под пастбища, а как пахотные — только при значительной насыщенности севооборотов многолетними травами. Окультуривание под овощные и картофельные плантации требует подбора специальных участков, внесения повышенных доз органических удобрений, фосфоритной муки и извести.

- Почвы III группы (лугово-бурые отбеленные и типичные, глееватые и глеевые) занимают наклонные поверхности древнеозерных террас, нижние части пологих склонов. Формируются на легко- и среднесуглинистых и глинистых отложениях. Они составляют основной фонд агрономически наиболее ценной пашни (до 40%). Относительно других почв имеют большую мощность гумусового горизонта в целинном состоянии. Периодически переувлажняются. Имеется хороший опыт их осушения закрытым гончарным и пластмассовым дренажом. Нуждаются в создании бездефицитного баланса гумуса и защите от загрязнений. Пригодны под полевые и кормовые культуры, но в ряде случаев необходимо проведение агромелиоративных мероприятий.

- IV группа приурочена к первой надпойменной террасе и включает спектр луговых глеевых почв (луговые глеевые, луговые осолоделые, глеевые оподзоленные и отбеленные, перегнойно-глеевые). Формируются в условиях различной степени переувлажнения, вызываемого верховодкой, образуемой преимущественно атмосферными осадками. Очень редко подтапливаются грунтовыми водами, склоновыми — периодически. Среди луговых выделяются почвы с хорошо водопроницаемым иллювиальным горизонтом (на них опыт закладки пластмассового дренажа показал хорошую эффективность осушения) и практически водонепроницаемым. На последних применение открытой сети и гончарного дренажа не дает положительного результата. Луговые глеевые почвы чаще всего используются под сенокосы и пастбища. Осушенные земли используются как пахотные, на рисовых плантациях. Эти почвы обладают наиболее высоким потенциалом плодородия. Их гумусированность как в целинном состоянии, так и на пашне наибольшая. Почвы этой группы эродированы в наименьшей степени, но дефляционно опасны. В пределах Приханкайской низменности широко используются под культуру риса. На этих почвах без создания рисовых мелиоративных систем возделывание

суходольных культур затруднено. На наш взгляд, наиболее целесообразно использовать данные почвы под многоцелевые рисовые севообороты с возделыванием сои, кормовых и фуражных культур.

- V группа занимает низкие в геоморфологическом отношении уровни. Распространены остаточно-пойменные, пойменные глееватые, пойменные слоистые, иловато-перегнойно-глеевые и болотные почвы. Остаточно-пойменные затапливаются паводковыми водами в среднем один раз в 5 лет, пойменные — чаще. Как правило, все эти почвы хорошо дренированы (за исключением глеевых и болотных). По гранулометрическому составу они средне- и легкосуглинистые. Подстилаются песками, супесями, галечниками. Остаточно-пойменные почвы составляют основной фонд пашни в горной и предгорной частях бассейна. Пригодны для возделывания широкого набора культур: овощей, картофеля, кормовых. Для поддержания плодородия необходимо периодическое известкование, применение органических и минеральных удобрений и тщательное слежение за возможным загрязнением через поверхностный и грунтовый стоки. Требуется обязательная защита от паводков, частично — осушение.

- VI группу составляют лугово-болотистые почвы. Они занимают самые низкие местоположения. Представлены они торфянисто-глеевыми, торфяно-глеевыми, иловато-перегнойно-глеевыми и торфяниками низинными. Развиваются они, как правило, на достаточно мощных глинистых отложениях. Степень разложения торфа слабая, возрастающая к нижней части профиля. Его высокая зольность объясняется заиленностью. Постоянное переувлажнение этих почв связано с застоем поверхностных, близким залеганием грунтовых вод, затоплением паводковыми водами. Существующие методы мелиорации не позволяют гарантировать сохранение плодородия и самих торфяных почв. Чаще всего торфяники пересушиваются и выгорают. Эти почвы сильно подвержены дефляции после пожаров. Среднемощные и мощные торфяники используются для добычи торфа на удобрение. Разрабатываются они преимущественно карьерным способом без последующей рекультивации места торфодобычи. После осушения почвы VI группы используются в сельскохозяйственном производстве реже под пашню, чаще под сенокосы и пастбища. Эффективное плодородие почв низкое, так как для этих почв отсутствуют специальная агротехника возделывания сельскохозяйственных культур и необходимая специализированная сельскохозяйственная техника. Непосредственное использование торфяников под рисовые системы затруднено из-за всплывания торфа и полегания риса, слабой несущей поверхности поля для уборочной техники. По почвенно-экологическим и природоохранным соображениям наиболее целесообразно выращивать на них многолетние травы.

Сравнительная комплексная характеристика групп почв сведена в табл. 3.4, а сводная агрономическая характеристика пахотных горизонтов этих групп почв приведена в табл. 3.5.

Экологическое состояние почвенного покрова в широком смысле — разносторонняя системная характеристика, отражающая его функционирование как части общей экологической системы, а в более узком смысле — возможные нарушения

Таблица 3.4. Хозяйственная характеристика групп почв

Показатель		Группа почв					
		I	II	III	IV	V	VI
Использование под сельхозугодия							
	пашню	1	1	2	3	3	1
	многолетние насаждения	3	2	1	1	2	0
	сенокосы	0	2	1	3	3	2
	пастбища	2	2	1	1	3	1
Причины переувлажнения							
	атмосферными осадками	1	2	3	3	0	3
	склоновыми водами	0	0	2	2	2	3
	слабым поверхност. стоком	0	1	2	3	0	3
	грунтовыми безнапорными	0	0	0	2	2	3
	грунтовыми напорными	0	0	0	2	3	2
	паводковыми водами	0	0	1	2	3	3
Затопление паводковыми водами		0	0	0	3	3	3
Необходимость в гидромелиорации							
В том числе под	пашню	0	1	1	3	2	1
	сенокосы	0	0	0	3	2	3
	пастбища	0	0	1	3	2	3
Распространение водной эрозии							
В том числе на	пашне	3	3	2	1	1	1
	сенокосах	0	2	0	0	0	0
	пастбищах	3	2	1	0	0	0
Перспективная деградация почв							
	дегумификация	2	3	3	2	3	2
	декальцинация	3	3	2	2	1	3
	дезагрегация	1	3	2	2	1	1
	переуплотнение	0	3	2	2	2	1
Опасность возможного загрязнения							
	тяжелыми металлами	3	2	2	1	3	1
	нефтепродуктами	1	2	3	3	3	1
	биоцидами	0	3	2	2	2	1
Возможность проявления естественных почвенно-геохимических аномалий							
на	корах выветривания	3	1	1	2	3	2
	озерно-речных отложениях	—	—	1	2	3	3

природного состояния почв под воздействием антропогенных факторов (что отражает только одну из важных сторон экологического состояния в современных условиях).

На экологическое состояние почв влияют освоенность почвенного покрова (табл. 3.4), и прежде всего под пашню, мелиорированность, степень загрязнения,

Таблица 3.5. Агрономическая характеристика пахотных горизонтов групп почв,
% от площади группы

Агрономический показатель	ГРУППА	Показатели		Группы почв*					
		от	до	I	II	III	IV	V	VI
1. Мощность гумусового горизонта (в целинном состоянии), см									
	оч. маломощные	5	10	15	45	9	23	6	37
	маломощные	11	15	38	30	17	20	5	22
	среднемощные	16	20	29	17	55	48	79	30
	мощные	21	30	18	8	19	9	10	11
2. Кислотность (по pH солевой суспензии)									
	оч. сильнокислые	3,0	4,1	2	4	4	8	1	10
	сильнокислые	4,1	4,5	20	22	15	43	22	59
	среднекислые	4,6	5,0	41	45	44	33	26	26
	слабокислые	5,1	5,6	35	25	34	13	42	5
	нейтральные	5,7	6,3	2	4	3	3	9	0
3. Обеспеченность фосфором, P_2O_5 , мг/кг									
	низкая	0,5	2,5	85	87	81	80	64	84
	средняя	2,6	3,7	8	7	9	11	12	6
	высокая	3,8	5,9	7	6	10	9	24	10
4. Обеспеченность калием, K_2O , мг/кг									
	низкая	4	8	19	28	14	11	3	42
	средняя	9	12	63	52	54	44	44	40
	высокая	13	17	18	20	32	45	33	18
5. Гумусированность, %									
	низкая	0,5	2	24	33	17	8	21	0
	средняя	3	6	68	55	72	67	68	23
	высокая	6	9	8	12	11	25	11	77
6. Плодородие почв по показателям, баллы бонитета									
	минимум	-	-	49	38	47	85	80	20
	максимум	-	-	67	75	85	95	100	60
7. Плодородие почв по урожайности, баллы бонитета									
	средние	0	100	66	38	79	89	100	26

Примечание. * характеристику групп угодий см. в табл. 3.2.

физико-химические свойства почв. В целом в Приморье эффективность мелиорирования земель низкая, Основная причина – недостаточная разработка научно обоснованных приемов мелиорации, игнорирование специфики погодных условий и свойств подлежащих освоению почв региона.

Мелиорация земель и последующее сельскохозяйственное использование оказывают сильное влияние на свойства почв, их функционирование, биогеохимические, микробиологические, физико-химические и гидрофизические параметры. Часто имеют место отрицательные результаты: происходит, например, недопустимое снижение содержания гумуса в пахотных горизонтах, возникает усиленный вынос биогенных элементов, наблюдается подкисление и уплотнение почвенного профиля, особенно верхних горизонтов. Одним из действенных приемов повышения продуктивности почв является агромелиорация, которая включает создание мощного (30–35 см) культурного пахотного слоя. Это достигается постепенным его углублением, систематическим внесением минеральных и органических удобрений и известкованием. Такой слой способен поглотить значительное количество выпадающих осадков (на бурых отбеленных – до 200 мм, луговых глеевых – до 180 мм), а в случае засухи – предотвратить их испарение. С успехом используется другой прием – возделывание пропашных культур на гребнях. При этом на всех почвах требуется проведение инженерных работ по организации поверхностного стока.

В последние годы усилилась тенденция рассматривать почвы как объект захоронения отходов горнодобывающей и перерабатывающей промышленности (разнообразных шлаков ТЭЦ, золы мусоросжигательных заводов, отходов борного производства (борогипса и др.) без должного и всестороннего анализа содержания в них тяжелых металлов и других вредных компонентов. Промышленные отходы вносят в почву и как удобрения, обосновывая это экономически незначительными прибавками урожая. В настоящее время без должной экологической экспертизы в этом качестве предлагаются фосфорсодержащие породы, морские конкреции с малым содержанием полезных компонентов и с абсолютным (до 95%) преобладанием балласта, химический состав которого не учитывается. Практика такого применения агроруд может привести к непредсказуемым отрицательным последствиям. Здесь твердо должен действовать принцип: не может быть экономично то, что наносит ущерб природе и, в конечном счете, человеку.

В Приморье выделено семь типов окислительно-восстановительных (ОВ) режимов почв ($E_h = 150\text{--}700\text{ мВ}$ в верхних горизонтах и $250\text{--}600\text{ мВ}$ в нижних), большинство которых формируются в условиях резко контрастного ОВ режима [18]. При этом переувлажнение, например, глинистых почв в поверхностных – пахотном и подпахотном – горизонтах ведет к образованию большого количества соединений, содержащих восстановленные, токсичные для растений подвижные формы элементов с переменной валентностью (железо, марганец). Общее содержание восстановленных продуктов органической и минеральной природы может быть весьма значительным, и на их окисление необходимо 100–200 мг кислорода на 100 г почвы. Контрастный ОВ режим способствует образованию конкреций, количество которых может составлять до 20% от массы почвы, что усиливает ее отбеливание. Переменное окислительно-восстановительное состояние почв определяет общее направление развития их фосфатного режима, характеризующееся преобладанием фосфатов в минеральных труднорастворимых

формах солей железа и аккумуляцией до 25–50% фосфора, внесенного в виде удобрений, в конкрециях.

Другая причина низкой эффективности минеральных удобрений – несбалансированность в них основных элементов питания. При крайнем дефиците фосфора в пахотных почвах фосфорные удобрения поставляются в недостаточных количествах. Очевидно, что радикальное улучшение фосфатного режима почв можно обеспечить путем создания глубокого окультуривания пахотного слоя с благоприятными окислительно-восстановительным и щелочно-кислотным режимами.

Экологическая оптимизация включает охрану собственно почв, среды, рациональное природопользование и согласованность этих трех аспектов. Природоохранная сторона заключается в поддержании и создании агробиоценотического разнообразия культурных агроландшафтов. Почвенный покров в данном случае является составной частью природной среды, компонентом ландшафтов. Поэтому важно предотвратить любое негативное воздействие на почвы. Для этого необходима разработка принципов проектирования адаптивных агроландшафтов, создания экологического каркаса из разнородных агроландшафтов, активизация механизмов очистки территории от загрязнений, контроль за численностью сорняков, вредителей, болезнями растений.

С использованием почвенного покрова как средства сельскохозяйственного производства возникает проблема рационального природопользования, включающего повышение общего природоресурсного потенциала агроландшафтов, и прежде всего прогрессивное наращивание уровня плодородия почв. К элементам рационального природопользования относятся: экологизация агротехники, системы животноводства и переработки сельскохозяйственной продукции и ее отходов; разработка адаптивных и почвозащитных систем земледелия и животноводства на основе оборотного и безотходного (сбалансированного) сельскохозяйственного производства; внедрение комплексных мелиораций как основы расширенного воспроизводства плодородия почв многоцелевых мелиоративных систем; тщательная проверка интенсивных и перспективных ресурсосберегающих технологий; рекультивация нарушенных и реабилитация деградированных почв.

При формальном рассмотрении эти задачи представляются разномасштабными, а решение их на конкретном региональном уровне (например, бассейн оз. Ханка) логически невозможным. Последовательный анализ позволяет заметить, что каждая из задач является частью следующей. Для разработки мероприятий по экологически оптимальному использованию почвенного покрова необходимо специальное картографирование с применением новейших и традиционных методов изучения и картооформления. Детальное изучение почв как территориальных единиц различного уровня организации и показателей почвенного разнообразия должно быть направлено на характеристику почв как компонента естественных и производных биогеоценозов. Это должно отличать почвенно-экологические исследования от узкоспециализированных, направленных или на обоснование норм внесения удобрений, или гидромелиоративные, землеустроительные мероприятия.

Для экологической оптимизации необходима разработка систем контроля (мониторинга), информационного обеспечения, составления экологических паспортов и научно обоснованных нормативов сельскохозяйственной деятельности и широкое развитие картографических работ оперативного комплексного характера. Без комплексной проработки экологических проблем почвенного покрова, без экологизации технологий возделывания сельскохозяйственных культур невозможно решить вопросы охраны окружающей среды. Для того чтобы предотвратить отрицательные последствия деятельности человека, нужны: 1) нормативная база дифференцированных по почвам и агроценозам экологически чистых систем земледелия в условиях муссонного климата и 2) объективные критерии, позволяющие надежно контролировать состояние почвенного покрова. Следовательно, проблемы экологического мониторинга приобретают особую актуальность.

В заключение следует отметить: в настоящем разделе впервые выполнен учет состава и структуры почв бассейна оз. Ханка по административным районам и в системе почвенно-географического районирования территории. Предложена группировка почв на геоморфологическом уровне и оптимальное направление их использования в сельскохозяйственном производстве в соответствии с агрохимическими характеристиками пахотных горизонтов, такими как мощность гумусового слоя, уровень кислотности и обеспеченность рассматриваемых почв питательными элементами (фосфором и калием).

Литература

1. Амачаев В.П., Ознобихин В.И. Прогноз направления развития мелиорации в Приморском крае в связи с его агропроизводственной специализацией // Прогнозирование развития мелиорации и водного хозяйства: материалы Всесоюз. конф. М.: МИЭНИЛ Минводхоза СССР, 1975. С. 281–284.
2. Бутузова О.В. Материалы по изучению приханкайской равнины // Сборник работ Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева. Вып. 3. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 124–155.
3. Глинка К.Д. Краткая сводка данных о почвах Дальнего Востока (предварит. отчет). СПб.: Изд. Переселенч. упр., 1910. 81 с.
4. Государственная почвенная карта Приморского края. Масштаб 1: 1 000 000. Владивосток: БПИ ДВО РАН, 2002. 1 л. (А0).
5. Дербенцева А.М., Ознобихин В.И., Ротарь В.П. и др. Мелиоративная характеристика почвенного покрова советской части бассейна р. Уссури // Мелиорация земель Приморского края. Владивосток: Союздальгипроприс, 1980. С. 226–233.
6. Дюкарев В.Н., Ознобихин В.И. О рациональном использовании торфяных почв в сельскохозяйственном производстве Приморья // Рациональное использование почв Дальнего Востока: труды / Примор. с.-х. ин-т. Уссурийск: Примор. с.-х. ин-т, 1977. Вып. 50. С. 19–40.
7. Жукова М.А. Почвенный покров Приморской области // Вестник ДВФ АН СССР. 1934. № 9. С. 9–47.
8. Иванов Г.И. Почвы Приханкайской равнины и долины реки Уссури и их освоение и использование // Тр. 3-й сессии Объедин. Сов.-Кит. уч. совета по проблемам р. Амур. Вып. 3. Природоведческая станция. М., 1959. С. 118–132.
9. Иванов Г.И. Почвы Приморского края. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1964. 107 с.
10. Иванов Г.И. Классификация почв равнин Приморья и Приамурья Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1966. 46 с.
11. Иванов Г.И. Почвообразование на юге Дальнего Востока. М.: Наука, 1976. 200 с.
12. Иванов Г.И., Костенков Н.М., Корляков А.С. и др. Почвенно-мелиоративное районирование бассейна оз. Ханка в связи с развитием рисосеяния // Избыточно увлажненные почвы Дальнего Востока и их мелиорации: тр. Примор. СХИ. Владивосток: ПСХИ. 1973. Т. 18, вып. 2. С. 37–42.
13. Иванов Г.И., Рыбачук Н.А., Ознобихин В.И. Географические закономерности распределения почвенного покрова бассейна озера Ханка // Дальневосточные проблемы использования почв и рационального землеустройства: материалы регион. науч.-практ. конф. Владивосток: ДВО ДОП РАН, 1996. С. 37–51.

14. Качияни А.И., Иванов Г.И. Почвенная карта с/х территории Приморского края в м-бе 1: 300 000. Штриховой вариант. 2 листа А3. 1967.
15. Корляков А.С., Майков Н.В., Ознобихин В.И. Распределение гумуса в почвах зоны рисосеяния Приморья и его трансформация при проведении мелиоративных работ и освоении // Повышение плодородия почв и производительной способности земель в интенсивных системах земледелия. Минск: Белорус. НИИ почв. и а/х., 1981. С. 159–161.
16. Корляков А.С., Ознобихин В.И. К уточнению некоторых параметров оросительной нормы риса с учетом свойств почв // Избыточно увлажненные почвы Дальнего Востока и их мелиорации: труды / Примор. с.-х. ин-т. Владивосток; Уссурийск: Примор. с.-х. ин-т, 1973. Т. 18, вып. 2. С. 37–42.
17. Корляков А.С., Ознобихин В.И., Тур А.С. Метод расчета объема воды на первоначальное насыщение при районировании зоны рисосеяния Приморья по максимальным ординатам удельного гидро модуля // Современная практика и перспективы развития гидрологических расчетов при строительном проектировании в Приморском крае: материалы 1-й Примор. науч. конф. Владивосток: ДальНИИГиМ, 1975. С. 112–114.
18. Костенков Н.М. Окислительно-восстановительные режимы в почвах периодического переувлажнения (Дальний Восток). М.: Наука, 1987. 191 с.
19. Костенков Н.М. Показатели состояния почв и их оценка // Экологическое состояние и ресурсный потенциал естественного и антропогенно измененного почвенного покрова: материалы науч. конф. Владивосток: ДВО ДОП РАН, 1998. С. 13–16.
20. Костенков Н.М., Ознобихин В.И. Эколого-экономическая оценка почв и рациональное их использование // Воспроизводство плодородия почв – важнейший фактор устойчивого развития региональных агро систем Дальнего Востока. Уссурийск: ПримНИИСХ ДВ НМЦ РАСХН, 1998. С. 113–158.
21. Костенков Н.М., Ознобихин В.И., Голов В.И. и др. Долговременная программа охраны природы и рационального использования природных ресурсов Приморского края до 2005 года (Экологическая программа). Владивосток: Дальнаука, 1993. Ч. 1. (Продолжение). С. 287–347.
22. Костенков Н.М., Стрельченко Н.Е. Окислительно-восстановительное состояние переувлажняемых почв и трансформация некоторых элементов. Владивосток: Дальнаука, 1992. 94 с.
23. Крейда Н.А., Костенков Н.М. Агропроизводственная группировка почв Приморья // Почвенные и агрохимические исследования на Дальнем Востоке. Владивосток: ДВФ СО АН СССР, 1970. Вып. 1. С. 35–39.
24. Обухов В.П., Ознобихин В.И. Влияние окультуривания на агрогидрологические свойства и урожай лугово-бурых оподзоленных почв в условиях Приморья // Агрометеорология: тр. ДВНИИ Госкомгидромета. Л.: Гидрометеиздат, 1985. Вып. 121. С. 96–111.
25. Ознобихин В.И., Рыбачук Н.А., Иванов Г.И. Почвенно-географическое районирование: теоретические и прикладные аспекты. Владивосток: ДВО РАН, 1995. 161 с. (Препр.).
26. Ознобихин В.И., Синельников Э.П., Рыбачук Н.А. Классификация и агропроизводственные группировки почв Приморского края. Владивосток: ДВО РАН, 1994. 94 с.
27. Почвенная карта бассейна оз. Ханка. Масштаб 1: 100 000. 2 л. (А0).
28. Почвенная карта Приморского края. Масштаб 1: 500 000. 6 л. (А0).
29. Почвенная карта РСФСР. Масштаб 1: 2 500 000. М.: ГУГК. 1988, 16 л. (А0).
30. Почвенная карта Приморского края. Владивосток: Дальнаука, 1999. С. 33–104.
31. Прохоров Н.И. Геолого-геоморфологические материалы для почвенной и ботанической карт Ханкайской низменности // Материалы к реконструкции хозяйства Приханкайской низменности. Хабаровск, 1927. С. 24–31. Прил. «Почвенная карта Ханкайского района». М. 1: 420 000.
32. Смирнов В.Я. Приханкайский район Приморской области // Предварит. отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России в 1913 г. СПб., 1914. С. 5–20.
33. Федчун А.А., Ознобихин В.И. Физико-химические особенности основных типов почв Приморья в связи с потребностью их в известковании // Тр. / Биолого-почвенный институт ДВНЦ АН СССР. Нов. серия. Владивосток, 1973. Т. 18. С. 5–14.
34. Хантулев А.А. Материалы к характеристике почв земледельческих районов Приморского края // Уч. зап. ЛГУ. 1956. № 221, вып. 42. С. 32–54.
35. A Sustainable Land use and allocation program for the Ussuri / Wisuli river watershed and adjacent territories (Northhead tern China and the Russian Far East). South Burlington-Vermont, USA, 1996. 80 p. (Переиздание: Программа устойчивого землепользования и рационального распределения земель в бассейне р. Уссури и Центральном Сихотэ-Алине, Северо-Востока Китая и Российского Дальнего Востока. Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 1996. 136 с.).

МОРФОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ПОЧВ ВЫСОКОЙ ДЕНУДАЦИОННО-АККУМУЛЯТИВНОЙ РАВНИНЫ ОЗЕРА ХАНКА ДО ПОДЪЕМА ЕГО УРОВНЯ

Подъем уровня оз. Ханка ведет не только к затоплению низменных прибрежных участков, но и к подъему сопряженного с ним зеркала аллохтонных почвенно-грунтовых вод на дренируемой озером равнинной территории. При этом будет сокращаться зона аэрации в почвах и ухудшаться водно-воздушный режим корнеобитаемого слоя. Переувлажнение приведет к развитию в нем глеевых процессов и созданию условий для современной гидрогенной аккумуляции железа. Луговая растительность может смениться болотными группировками. Слежение за изменением ландшафтной обстановки в бассейне озера возможно на базе исследований, выполненных в предыдущие годы до подъема его уровня.

В 2005–2006 гг. было изучено морфологическое строение почв высокой денудационно-аккумулятивной равнины оз. Ханка, формирующихся на покровных красноцветных глинах и суглинках [3]. Почвы относятся к типу луговых подбелов [2, 4] или лугово-глеевых отбеленных [1]. Разрезами 10 и 9 представлены почвы западного, разрезами 20 и 22 – восточного сегментов равнины. Полевые описания морфологических признаков почв выполнены в номенклатуре 1977 г., типовая принадлежность дана по Г.И. Иванову. Географические координаты разрезов определены в системе GPS.

Разрез 10 (16.08.2005 г.) заложен в 4 км на СВ от п. Майское Ханкайского р-на в точке с координатами 44°57'41,0" с.ш. и 132°01'51,9" в.д., абсолютной отметкой 80 м на участке осоково-злаково-разнотравного луга с проективным покрытием 90–100%. Поверхность почвы преимущественно голая, местами отмечена труха из черных обугленных растительных остатков, слой подстилки отсутствует.

Адер. 0–6(7) Свежеватый, светло-серый, легкий суглинок, преимущественно бесструктурный, порошистый, по корням небольшое количество бусинок. Сложен рыхло, сыпучий. Густо пронизан живыми и отмершими травяными корнями. Редкий хрящ из оглаженных отмытых камешков 0,5–1,0 см. Переход заметный по цвету, плотности, корням, граница почти ровная.

A1 6(7)–10(14) Свежеватый, темно-серый, легкий суглинок слегка пылеватый. Оструктурен полностью в четкие разнопорядковые агрегаты: наибольшее количество составляют средние острогранные комочки, в меньшем количестве присутствуют мелкие острогранные комочки, орехи и зерна. Сложен плотнее. Корней меньше. Переход заметный по цвету, граница пологоволнистая.

A2g 10(14)–27(30) Свежий, окрашен неоднородно: на очень светлом серовато-белесом, слегка сизоватом фоне отмечаются темно-серые затеки гумуса по ходам отмерших корней и желто-бурые, ярко-рыжие пятна стяжений окислов железа. Количество затеков гумуса уменьшается с глубиной – максимум отмечается до глубины 18 см. Количество пятен стяжений железа с глубиной увеличивается. Глинистый, пылеватость не ощущается. Оструктурен на 100% в слоистую разнопо-

рядковую плитчато-мелкоплитчато-пластинчатую структуру, кутаны не выражены. Живые корни редки, хрящ отсутствует. Сложен плотно. Переход резкий по цвету, граница языковатая.

A2g/B 27(30)—35(38) Свежий, неоднородно окрашенный: на очень светлом серовато-белесом, слегка сизоватом фоне до 50% составляют ярко-рыжие пятна стяжений окислов железа. Глинистый, слегка мажущийся, оструктурен полностью в плитчато-пластинчатые отдельности, кутаны не выражены. Корни единичны, хрящ отсутствует. Сложен плотнее, чем вышележащая толща. Горизонт выражен фрагментарно. Переход постепенный, граница слегка неровная.

Bg 27(30)—50(52) Свежий, окрашен неоднородно: общий фон — яркий охристо-ржавый, на его долю приходится порядка 70% поверхности стенки, 30% поверхности окрашены аналогично гор. A2g в светлый серо-сизоватый цвет. Окраска в целом пестрая. Слабо мажущаяся глина, оструктуренная в нечеткие глыбисто-плитчато-пластинчатые отдельности без поверхностных кутан. Корни единичны, хрящ отсутствует. Наиболее плотно сложен. Переход резкий по цвету, граница мелко языковатая от рыжих затеков.

BCg 50(52)—90 Влажноватый, окрашен пестро: на основном темном серо-сизом фоне многочисленные (30—40%) пятна стяжений железа яркого охристо-ржавого цвета. Количество охристо-ржавых пятен возрастает с глубиной, у нижней границы горизонта появляются мелкие черные конкреции. Поверхность структурных агрегатов сизо-темно-серая с металлическим блеском и мелкими охристо-ржавыми пятнами. Более вязкая и липкая глина, оструктуренная на 100% в четкие острогранные комки и мелкие зерна. Сложен плотно. Корни единичны, живые. Переход заметный по цвету, структуре, граница ровная.

Cg 90—115... Влажный, окрашен пестро: на рыжевато-буром фоне серовато-сизые мозаичные пятна, составляющие 20—30% от площади стенки. Глина с большей липкостью и вязкостью, более плотно сложенная. Оструктурен хуже: произвольной формы глыбы разламываются на небольшое количество комочков и зерен — основная масса глыбистая. Стяжения железа более плотные, жесткие, больше мелких черных конкреций. Блестят мелкие чешуйки слюды.

Почва: лугово-глеевая отбеленная.

Разрез 9 (16.08.2005 г.) заложен в 2,5 км к СВ от с. Майское Ханкайского р-на в точке с абсолютной отметкой 80 м и координатами 44°58'15,4" с.ш. и 132°00'06,9" в.д. в центре засеянного овсом бывшего рисового чека, где на площадке 3×1,5 м овес отсутствует, растительность представлена разреженной полынью. Микрорельеф выражен бороздами вспашки с превышениями 5—10 см. По бороздам отмечается присыпка из илистого материала палевого цвета. Поверхность почвы голая, изредка встречаются куртинки мелкого зеленого моха. Поверхность почвы слегка влажная буровато-коричневого цвета.

Апах. 0—12(14) Свежеватый, коричневатого-серый, пылеватый легкий или средний суглинок, оструктурен слабо: немного комков размером 1—2 см, многочисленны комочки порядка 1 мм, основная масса порошистая. Горизонт сыпуч. Многочи-

сленны живые корни, преобладают тонкие, менее 1 мм диаметром, основная масса их сконцентрирована до глубины 8 см. Хрящ отсутствует. Переход заметный по плотности и цвету, граница почти ровная.

A1g 12(14)–25 Свежий, неоднородно окрашенный: на общем коричнево-темно-сером с сизоватым оттенком фоне охристо-ржавые пятна окислов железа. В растертом состоянии почва имеет сизовато-серый цвет с бурым оттенком от растертых стяжений окислов железа. Средний суглинок, слегка пылеватый. Оструктурен полностью в глыбокомки произвольной формы размером до 4 см, распадающиеся до мелких комочков и зерен. Грани структурных отдельностей сизовато-темно-серые с редкими мелкими охристо-рыжими пятнами окислов железа. Корней значительно меньше, хрящ отсутствует, сложен плотнее. Переход заметный по плотности и цвету, граница ровная.

B1g 25–35 Свежий, окрашен неоднородно: на общем темно-серио-сизоватом фоне до 50% составляют охристо-ржавые пятна стяжений железа. В растертом образце преобладает ярко-бурый цвет. Стяжения железа мягкие, легко режутся ножом и растираются в пальцах. Глинистый, слегка липкий. Практически бесструктурный: ножом откалываются глыбы произвольной формы, которые при небольшом усилии разламываются на уплощенные крупные и средние комки. Сложен значительно плотнее вышележащей толщи. Корни редки, хрящ отсутствует. Переход заметный по сложению и структуре, граница почти ровная.

B2g 35–45 Свежий, окрашен неоднородно: на серо-сизом фоне многочисленные, занимающие около 70% поверхности желто-охристые, ржаво-бурые, красновато-рыжие пятна окислов железа, придающие окраске горизонта пестроту. Аналогично окрашены грани структурных отдельностей. Окраска растертой почвы немного светлее и такая же пестрая. Стяжения железа мягкие, легко режутся ножом и растираются в пальцах. Глинистый, слегка липкий. Оструктурен в крупноглыбистые агрегаты произвольной формы, легко разламывающиеся до четких мелких комочков и зерен. Сложен менее плотно, чем вышележащий горизонт. Корни единичны. Переход заметный по структуре, граница почти ровная.

BCg 45–63 Свежий, окрашен аналогично вышележащему горизонту, но пестрота больше от большого содержания пятен окислов железа, общий тон – ржаво-бурый. Цвет почвы одинаков в растертом и нерастертом состояниях. Стяжения железа мягкие, легко режутся ножом и растираются в пальцах. Глинистый, менее липкий. Оструктурен хуже: крупные произвольной формы глыбы с усилием разламываются на более мелкие глыбисто-комковатые отдельности и небольшое количество зерен. Корни отсутствуют. Плотность аналогична вышележащему горизонту. Переход заметный по цвету, граница почти ровная.

Cg 63–95... Влажноват, окрашен пестро от пятен окислов железа, составляющих около 90% от площади поверхности стенки. Грани структурных отдельностей светлые серовато-сизые с пятнами окислов железа. В растертой почве преобладает желто-рыжий цвет. Глинистый, слабо липкий. Оструктурен, как вышележащий горизонт. Сложен плотнее. Корни отсутствуют. Стяжения железа мягкие, легко режутся ножом и растираются в пальцах. Редко встречаются мягкие черные стяжения Mп.

Почва: лугово-глеевая отбеленная.

Разрез 20 (16.07.2006 г.) заложен в 2,5 км к востоку от с. Сосновка Спасского р-на в точке с координатами 44°46'59,9" с.ш. и 132°49'36,6" в.д. на абсолютной отметке 137 м. Разрез расположен почти в центре оконтуренного водоотводными канавами участка. Канавы зарастают травой, вода в них отсутствует, днища заилены. В недалеком прошлом участок использовался под посевы, в настоящее время это залежь, густо заросшая травянистыми видами, может использоваться как сенокос. Растительная ассоциация: разнотравно-вейниковая с ПП 95–100%. Вейник наземный достигает высоты 70 см. Разнотравье представлено куртинами клевера, горошка заборного, разреженными гравилатом, валерианой, амброзией, полынью обыкновенной. Микрорельеф выражен слегка размытыми бороздами вспашки. Поверхность почвы практически голая. Единично встречаются прошлогодние стебли растений и фрагментарно — зеленая пленочка из водорослей (?). Почва недолго находится «под паром», т.к. дерновый процесс не получил заметного развития.

Апах. 0–12 Свежеватый, однородного темно-серого цвета, в растертом образце такой же. В подсушенном состоянии приобретает белесоватость от кремнеземистой присыпки на поверхности педов. Глинистый, оструктурен полностью в мелкокомковато-порошистую и небольшое количество комков 1,5–2 см. Уплотнен слабо. Немногочисленные травянистые, преимущественно живые, корни не предохраняют стенку от высыпания. Переход резкий, граница ровная.

А1 12–23(25) Свежий, однородного темно-серого цвета, в растертом образце проявляется буроватый тон. При подсыхании появляется белесоватость от кремнеземистой присыпки. Глинистый, оструктурен полностью в крупные прочные призмовидно-столбчатые отдельности высотой до 5 см, легче разламывающиеся по вертикальной оси. Структурные агрегаты мелкопористые, включают очень тонкие как живые, так и отмершие корни. Горизонт разбит вертикальными трещинами шириной в несколько миллиметров. Сложен намного плотнее вышележащего. Корней значительно меньше. Переход заметный по цвету, граница почти ровная.

АВ/А2 23(25)–32(35) Свежий, окрашен неоднородно: на общем темно-сером фоне многочисленные белесые мозаичные разводы. Цвет растертого образца тускло-серый. Очень плотная тяжелая слегка липкая глина. Оструктурен полностью в крупнокомковато-среднекомковатую структуру с признаками горизонтальной делимости. Корней меньше. Переход резкий по цвету и структуре, граница почти ровная.

В 32(35)–50 Влажноватый, однородного антрацитово-черного цвета, в растертом образце антрацитовый блеск исчезает. Очень плотная, тяжелая, вязкая, липкая глина. Оструктурен полностью в очень четкую мелкоикряную структуру. Поверхность агрегатов с антрацитовым блеском. Корни редки, живые. Переход резкий, граница ровная.

ВСg 50–70 Влажный, окрашен неоднородно: на общем сизовато-сером фоне охристо-ржавые примазки от стяжений окислов железа. Растертый образец приобретает буроватый тон. Еще более плотная, тяжелая, вязкая, липкая глина. Оструктурен полностью в комковато-икряную структуру. Икрянистость выражена менее четко, чем в вышележащем горизонте. Корни редки, живые. Переход постепенный, граница ровная.

Cg 70–120... Сыроватый, окрашен неоднородно: на общем сизовато-светло-сером фоне многочисленные буро-охристые и охристо-ржавые пятна и примазки от стяжений окислов железа, количество которых возрастает с глубиной. Сизый тон в окраске стенки усиливается с глубиной. В растертом образце проявляется бурый тон. Та же плотная, тяжелая, вязкая, липкая глина. Оструктурен полностью в крупнокомковато-мелкокомковатую структуру. Корни единичны, живые.

Почва: луговая глеевая отбеленная.

Разрез 22 (18.07.2006 г.) заложен в Спасском р-не, в 200 м от трассы Владивосток–Хабаровск перед поворотом на с. Красный Кут. Разрез расположен на шлейфе склона восточной экспозиции очень пологого увала в точке с координатами 44°32'22,4" с.ш. и 132°48'18,6" в.д. на абсолютной отметке 120 м. Территория мелиорируется придорожными канавами, частично оплывшими, заросшими тростником, в настоящее время безводными. Это сенокосное угодье с господством вейника высотой до 1,5 м, при незначительном участии трав (осот, полынь, из бобовых — мышиный горошек). Растительная ассоциация разнотравно-вейниковая, ПП 100%. Микрорельеф представлен слегка размытыми бороздами от проводившейся ранее вспашки и комками почвы от выворотов плугом.

Поверхность почвы преимущественно голая с редкими куртинками мелкого зеленого моха. Опад из редких фрагментов стеблей злаков и листьев трав занимает менее 10% поверхности.

Апах. 0–18 Свежий, буровато-серый с поверхности и серовато-бурый в растертом образце, тяжелый суглинок, оструктурен в средние и мелкие четкие острогранные комочки и небольшое количество пороши. Присутствуют корни, преимущественно живые и отмершие. Максимальный диаметр корней 2 мм. Основная масса корней сосредоточена до 12 см. Горизонт плотноватый, пористый. Переход заметный по корням и плотности, граница ровная.

А1 18–34(35) Свежий, буровато-серый с поверхности и серовато-бурый в растертом образце, тяжелый суглинок, сложенный более плотно. Оструктурен аналогично гор. Апах., но с меньшим количеством пороши. Резко снижено количество корней.

По нижней границе горизонта фрагментарно проходит более темный слой толщиной 1–2 см. Структурные агрегаты здесь насквозь прокрашены в темно-серый цвет. В растертых педах заметны мелкие охристо-ржавые стяжения окислов железа. Остальные признаки аналогичны вышележащему горизонту. Переход резкий по цвету, граница почти ровная.

А2g 34(35)–46 Свежий, белесовато-светло-серый с поверхности, в растертом образце проявляется слабый буроватый тон от растертых мягких стяжений окислов железа. Тяжелый суглинок, ощущается пылеватость. Стенка разбита вертикальными трещинами, создающими столбчатость. Однако структурные агрегаты горизонтально слоисты. Оструктурен полностью в уплощенные разнорядковые острогранные комочки размерами до 2 см. На поверхности некоторых агрегатов отмечаются мелкие охристо-ржавые пятна от стяжений окислов железа. Немногочисленны мелкие, порядка 1–2 мм, легко режущиеся ножом округлые охристо-ржавые конкреции, покрытые сплошными иловато-пылеватými ку-

танами цвета горизонта. Сложен плотно. Корней мало. Переход постепенный, граница ровная.

A2Bg 46–54(56) Свежий, неоднородно окрашенный: на светло-сером, местами более темном сизовато-сером, фоне многочисленные охристо-ржавые примазки от стяжений окислов железа. Глинистый, слегка липкий, с немногочисленными конкрециями, как выше. Глыбисто-комковатый с небольшой долей, около 20%, мелких четких острогранных комочков. Вертикальные трещины отсутствуют. Сложен более плотно. Корни редки, ориентированы вертикально. Переход резкий по цвету, граница почти ровная.

Bg 54(56) – 80 Влажноватый, сизовато-темно-серый с фрагментарными коричнево-ржавыми кутанами на поверхностях педов. Более вязкая и более тяжелая глина с немногочисленными конкрециями, как выше. Оструктурен полностью в четкие комковато-мелкокомковато-зернистые агрегаты. Корни редки. Сложен плотно. Переход заметный по цвету, граница ровная.

BCg 80–88(90) Влажноватый, неоднородно окрашенный: на сизовато-светло-сером фоне многочисленные охристо-ржавые, коричнево-ржавые и красновато-коричневые пятна от стяжений окислов железа. Более липкая и вязкая глина, чем выше. Оструктурен полностью в глыбисто-комковатые отдельности, легко распадающиеся до мелких четких комочков и зерен. Грани агрегатов покрыты фрагментарными кутанами окислов железа, отдельные мелкие педы прокрашены насквозь. Заметно увеличено количество конкреций, мягких, красновато-коричневых в растертом состоянии. Сложен плотно. Корни единичны. Переход заметный, граница почти ровная.

Cg 88(90)–120... Влажноватый, окрашен пестро в серовато-сизые, охристые, ржавые, коричневые и красновато-коричневые тона. На вертикальной стенке цветовая гамма стяжений окислов железа составляет около 90%, на поверхности структурных агрегатов – порядка 50%. Липкая, вязкая тяжелая глина с большим количеством мягких красновато-коричневых конкреций. Оструктурен полностью в глыбисто-крупнокомковатые агрегаты. Сложен очень плотно. Корни единичны.

Почва: лугово-бурая отбеленная.

Приведенные описания разрезов показывают, что обследованные почвы формируются в условиях стабильного повышенного увлажнения, о чем свидетельствуют признаки оглеения в их толще. При этом почвы западного сегмента равнины (разрезы 10 и 9) испытывают его в большей степени (оглеение развивается уже с глубины 10–12 см), чем почвы более высокого гипсометрического уровня в восточном сегменте (разрезы 20 и 22), где процессами оглеения охвачена толща глубже 30 см. Увлажненность почвенных профилей определяется воздействием почвенно-грунтовых вод, капиллярный подъем которых почти достигает поверхностных горизонтов. Наиболее заметное, иногда резкое, увеличение влажности в почвенных профилях приурочено к глубине 50–60 см. Можно предположить, что в почвенной толще выше этой границы при сухих и жарких погодных условиях могут кратковременно существовать аэробные условия и протекать окислительные процессы. Ниже этой глубины почвенные процессы осуществляются в перманентно

восстановительной среде. Вероятно, эту границу можно предложить в качестве реперной отметки активного присутствия почвенно-грунтовых вод в почвах денудационно-аккумулятивной равнины оз. Ханка до подъема его уровня.

Литература

1. Иванов Г.И. Почвообразование на юге Дальнего Востока. М.: Наука, 1976. 200 с.
2. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 224 с.
3. Литология и геохимия современных озерных отложений гумидной зоны (на примере оз. Ханка). М.: Наука, 1979. 124 с.
4. Росликова В.И., Рыбачук Н.А., Короткий А.М. Атлас почв юга Дальнего Востока России (Приханкайская низменность). Владивосток: Дальнаука, 2010. 247 с.

ГИДРОЛОГИЧЕСКИЙ РЕЖИМ ПОЧВ РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ ЗОНЫ РИСОСЕЯНИЯ ПРИХАНКАЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Самой подходящей территорией для рисосеяния на российском Дальнем Востоке является Приханкайская низменность: по обеспеченности теплом, водой с использованием в качестве источника оросительных вод воды оз. Ханка и по особенностям рельефа и почвенного покрова. Оросительная норма минимальная из-за низких фильтрационных свойств почв [1, 3]. По геоморфологическому строению бассейна низкие приозёрные равнины занимают первую и вторую террасы оз. Ханка [2]. Поверхность этой территории характеризуется абсолютным преобладанием равнинных форм, на которых разбросаны островки группы невысоких сопков и отдельных останцов. Общий уклон поверхности составляет 0,005–0,0001 в сторону оз. Ханка.

Почвы зоны рисосеяния Приханкайской низменности относятся к луговым глеевым, лугово-болотным и болотным типам буроземно-лесной области Дальневосточной холодной фации.

Почвенный покров зоны рисосеяния довольно сложный и обусловлен микро-рельефом и уровнем залегания почвенно-грунтовых вод. В табл. 3.6 представлены почвы и сопутствующие им комплексы в пределах низкой плоскости равнин и приречных долин бассейна оз. Ханка, ограниченных с одной стороны береговой линией оз. Ханка, с юга и юго-востока — условно проведенной границей по высоким озерным террасам через села и районные центры Ильинка—Хороль—Вадимовка—Черниговка—Спасск—Кировка—Лесозаводск.

Почвы с дифференцированным профилем (луговые оподзоленно-глеевые и луговые глеево-оподзоленные) в комплексе с лугово-болотными занимают 38% территории, луговые глеевые, перегнойно-глеевые в комплексе с лугово-болотными — 59%, а лугово-болотные почвы и их комплексы составляют только 11,5% общей площади. Почвы низкой плоской равнины по гранулометрическому составу тяжелосуглинистые или глинистые с содержанием физической глины 40–80%, ила — от 20–25% в верхних горизонтах до 50% в нижележащих (табл. 3.7).

В составе фракции физической глины ил составляет 31–71%. При преимущественно монтмориллонитовом минералогическом составе илистой фракции это

Таблица 3.6. Состав почвенного покрова зоны рисосеяния Приханкайской низменности

№ п/п	Наименование почв	Площадь	
		тыс. га	%
1	Луговые глеевые оподзоленные	30,7	7,7
2	Луговые оподзоленно-глеевые	11,7	2,0
3	Луговые глеевые	43,1	7,5
4	Луговые перегнойно-глеевые	3,5	0,6
5	Луговые глеевые оподзоленные с луговыми глеевыми, торфянисто-перегнойно глеевыми	38,1	6,7
6	Луговые оподзоленно-глеевые с луговыми глеевыми	54,7	9,6
7	Луговые оподзоленно-глеевые с луговыми перегнойно-глеевыми	61,0	10,7
8	Луговые глеевые с перегнойно-глеевыми, торфянисто-перегнойно глеевыми	132,6	23,2
9	Луговые глеевые с торфянисто-перегнойно-глеевыми	16,9	3,0
10	Луговые глеевые с торфянисто- и торфяно-глеевыми	82,5	11,4
11	Торфяно-глеевые с торфянисто-перегнойно-глеевыми	30,4	5,3
12	Плавни	36,5	6,4
13	Торфяники маломощные	17,8	3,1
14	Торфяники маломощные со среднемощными	11,6	2,0
Итого:		570,8	100

Таблица 3.7. Гранулометрический состав основных почв зоны рисосеяния

Почвы	Горизонты	Глубина отбора проб, см	Содержание фракции, %			Название почв по гранулометрическому составу
			глины, <0,01 мм	ила, <0,001 мм	ил от фракции глины, %	
Луговые глеевые	A1	0–18	45	25	56	Суглинок тяжелый
	Bg	20–30	60	20	33	Глина легкая
	G	90–100	70	40	57	Глина средняя
Луговые глеевые оподзоленные	A1	0–15	40	20	50	Суглинок тяжелый
	A ₂ g	20–30	55	17	31	Глина легкая
	Bg	50–60	60	35	58	Глина легкая
	G	90–100	70	50	71	Глина средняя
Луговые перегнойно-глеевые	A пер	0–25	50	25	50	Суглинок тяжелый
	A1	25–35	55	30	55	Глина легкая
	Bg	40–50	60	37	62	Глина легкая
	G	90–100	75	45	60	Глина средняя
Перегнойно-глеевые	A пер	0–22	45	20	44	Суглинок тяжелый
	Bg	25–35	60	40	67	Глина легкая
	G	90–100	80	50	63	Глина легкая
Торфянисто-глеевые	T	0–30	т	т	-	Торф
	A пер	30–40	50	25	50	Глина легкая
	G	90–100	75	50	67	Глина средняя

«утяжеляет» гранулометрический состав, способствует значительному набуханию почв и определяет их неблагоприятные гидрофизические свойства — высокую влажность завядания, ограниченные величины диапазона активной и продуктивной влаги, низкой пористости аэрации. Такие свойства не благоприятствуют возделыванию суходольных культур, но они соответствуют требованиям рисовой культуры.

В отложениях депрессии фильтрация атмосферных осадков с поверхности затруднена, и поэтому непосредственный водообмен с грунтовыми водами выражен слабо. В период возможной инфильтрации выпадает 457 мм осадков, величина испарения за этот же период составляет 390 мм, т.е. основная масса осадков (86%) расходуется на испарение [3].

Основным источником питания грунтовых вод в теплый период года на Приханкайской низменности являются поверхностные воды. Во время паводков реки фильтруют свои воды на расстоянии до 4 км и продолжительностью от двух недель до трех месяцев [4].

Питание грунтовых вод участков, равноудаленных от речных систем более чем на 4 км, происходит иначе. В таких условиях основным источником питания грунтовых вод являются артезианские воды, пьезометрический уровень которых в определенные периоды может устанавливаться вблизи поверхности земли.

Водообмен поверхностных вод с подземными происходит медленно — не более 100 м³ воды за сутки. Разгрузка грунтовых вод на поверхности почвы путем испарения в местах избыточного увлажнения незначительна.

На рисовых системах влияние поливных вод на уровень грунтовых сведено к минимуму. Это обусловлено низкой фильтрационной способностью почв Приханкайской низменности. Тем более что при затоплении порозность почв уменьшается, так как степень набухания горизонтов высокая и составляет 20–29%.

Изучение динамики влажности почв рисовых систем подтверждает вывод о слабой водопроницаемости почвогрунтов. По характеру распределения влажности в течение вегетационного периода по профилю почв можно выделить три гидрологических горизонта. Первый с широким диапазоном влажности за теплый сезон — от 0,5 полной влагоемкости (ПВ) до предельной полевой влагоемкости (ППВ), второй с небольшими колебаниями влажности — от 0,8 ПВ до ППВ и третий — нижний, где колебания влажности незначительны (табл. 3.8). Ранее отмечено [7], что в весенний—раннелетний период верхняя часть почвенного профиля просыхает на разную глубину профиля с образованием серии трещин различной ширины и глубины. При первых дождях по этим трещинам интенсивно передвигается влага, почва набухает, трещины исчезают и чуть ниже элювиального горизонта образуется водонепроницаемый горизонт, не пропускающий воду из верхней толщи.

В почвах рисовых полей водоупорный горизонт расположен на глубине 20–30 см. Влажность этого горизонта в условиях полного затопления почв изменяется очень медленно и только на 15–20-й день увеличивается на 5–7%. В нижележащих горизонтах, начиная с глубины 80–100 см, она практически не меняется в течение всего периода затопления почв.

Таблица 3.8. Влажность почв рисовых систем в различные периоды вегетации

Почвы	Горизонт, глубина, см	Влажность почв, % от полной влагоемкости				
		перед затоплением	после затопления, сут		после сброса воды (перед уборкой), сут	баланс между сроками перед затоплением и после сброса воды
			30	100	30	
Луговые глеевые (Лг)	A 10–18	65	100	100	80	+15
	Bg 20–30	78	100	100	86	+8
	G 90–100	90	95	97	97	+7
Луговые глеевые оподзоленные (Лг ^{оп})	A 10–15	70	100	100	72	+2
	A ₂ g 20–30	75	100	100	70	-5
	Bg 50–60	80	85	100	75	-5
	G 90–100	95	90	95	95	0
Луговые перегнойно-глеевые (Лг ^{пг})	A пер 0–25	65	100	100	75	+10
	A 1 25–35	70	100	100	73	+3
	Bg 40–50	75	90	95	90	+15
	G 90–100	90	95	95	95	+5
Перегнойно-глеевые (Лг ^{пг})	A пер 0–22	90	100	100	80	-10
	Bg 25–35	95	100	100	85	-10
	G 90–100	95	95	97	95	0
Торфянисто-глеевые (Лг ^т)	T 0–30	80	100	100	78	-2
	A пер 30–40	90	100	100	85	-5
	G 90–100	100	92	100	100	0

На луговых глеевых почвах рисовых систем Приханкайской низменности на фильтрацию расходуется не более 300 м³ на 1 га поливной воды, т.е. 1–3% оросительной нормы.

Фильтрационную способность различных почв зоны рисосеяния определяли оригинальным методом с помощью лизиметрических установок. Они представляют собой листы оцинкованного железа общей площадью 1 м² с бортами 2 см с трех сторон. Устанавливались лизиметры на глубине 20, 50, 100 см на луговых глеевых типичных, оподзоленных, перегнойных и торфянистых почвах. Фильтрат собирался в емкости 5 л в течение 90 сут после затопления рисового поля слоем воды. Замеры фильтрата проводились каждые 30 сут путем откачки профильтровавшихся вод из каждого генетического горизонта. Общие объемы фильтрата по каждому из горизонтов и на различных площадях и в целом по всей зоне рисосеяния Приханкайской низменности сведены в табл. 3.9. Наиболее высокие фильтрационные способности наблюдаются в гумусовых слоях, где за 90 сут общий объем фильтрата колеблется от 80 до 1200 мл, а наиболее низкие наблюдаются в глеевой материнской породе и составляют всего 50 мл. Эти данные практически совпадают с ранее полученными результатами на Сиваковском стационаре института Союздальгипрорис [5, 6].

Таблица 3.9. Объем фильтрации поливной воды (по данным лизиметрических наблюдений)

Показатель	Глубина*	Ед. измерения	Почвы				
			Лг	Лг ^{оп}	Лг ^{пт}	Л ^{пт}	Л ^т
Площадь		тыс. га	20	13	8	3	2
Количество фильтрата							
по лизиметрам за 90 сут (июнь–август)							
	30	мл	1000	700	1200	1000	800
	50	мл	500	400	700	100	0
	100	мл	50	50	500	50	Н.д.
то же, в пересчете на 1 га							
	30	м³	10	10	12	10	8
	50	м³	5	4	7	1	0
	100	м³	0,5	0,5	0,5	0,5	Н.о.
Общее количество фильтрующихся поливных вод по зоне рисосеяния		тыс. м³	310	138	100	34,5	16
Объем фильтрата от поливной нормы		%	0,16	0,12	0,13	0,12	0,08
Общий объем фильтрации поливных вод по зоне рисосеяния		тыс. м³	498,5				

* Глубина установки лизиметров, см.

Соответственно, и общее количество фильтрата в м³ в пересчете на площади 1 га (10 000 м²) колеблется в широких пределах от 0,5 до 10 м³. Общее количество фильтрата в различных почвах зоны рисосеяния колеблется незначительно от 100 до 300 м³, что составляет всего 0,12–0,16% поливной нормы. Общий объем фильтрата, поступающего в почвенно-грунтовые воды с рисовых систем Приханкайской равнины за вегетационный сезон, составляет 495 500 м³.

Таким образом, низкая фильтрационная способность почв рисовых плантаций, соответственно, небольшие объемы вертикального перемещения поливных вод, по-видимому, мало влияют на сложившийся уровень грунтовых вод Приханкайской низменности. Это предотвращает возможное загрязнение грунтовых вод при возделывании риса.

Наблюдения за уровнем грунтовых вод рисовой системы весной (до затопления) и осенью (после сброса поливных вод) свидетельствует о том, что они залегают на глубине около 2 м. На рисовых картах с оптимальной коллекторной сетью осуществляется быстрый сброс поверхностных вод, а осенне-весенняя просушка почв исключает стабильное развитие болотных процессов.

Интенсивного заболачивания почв рисовых систем не происходит, так как быстрая разгрузка в осенний период почвенно-ирригационных вод, находящихся в гидравлической связи с грунтовыми водами, осуществляется дренирующей сетью рек; поверхностных – разветвленной коллекторной сетью. Однако из-за накопления восстановленных продуктов для их окисления и поддержания плодородия почв рисовых плантаций необходима зяблевая вспашка и 1–2-годичное возделывание суходольных культур в рисовом севообороте.

Литература

1. Амачаев В.П., Иванов Г.И., Костенков Н.М. и др. Состояние и перспективы использования земель под культуру риса на Дальнем Востоке // Земельные ресурсы Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1978. С. 5–30.
2. Ганешин Г.С. Геоморфология Приморья. М.: Госгеолтехиздат, 1957. 135 с.
3. Зайцев В.А. Рисовая оросительная система. М.: Колос, 1968. 336 с.
4. Кладовщиков В.Н. Типы естественного режима подземных вод Приморского края // Разведка и охрана недр. 1965. № 5. С. 48–52.
5. Корляков А.С., Ознобихин В.И. К уточнению некоторых параметров оросительной нормы риса с учетом свойств почв // Избыточно увлажненные почвы Дальнего Востока и их мелиорации // тр. / Примор. с.-х. ин-т. Владивосток: Приморский с.-х. ин-т, 1973. Т. 18, вып. 2. С. 37–42.
6. Корляков А.С., Ознобихин В.И., Тур А.С. Агрогидрологические свойства почв зоны рисосеяния в междуречье Илстой и Мельгуновки // Тр. / Дальневост. науч.-исслед. гидромет. ин-т. Л.: Гидрометеиздат, 1978. Вып. 75. С. 87–110.
7. Ротарь В.П., Ознобихин В.И. Режим влажности почв юго-западной части Приханкайской равнины // Почвы рисовых полей Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1980. С. 33–51.

АГРОГЕННЫЕ ЛУГОВЫЕ ГЛЕЕВЫЕ ПОЧВЫ ПРИХАНКАЙСКОЙ РАВНИНЫ

Луговые глеевые почвы составляют значительную часть пахотного фонда Приморья (более 60 тыс. га), большая их часть расположена на Приханкайской равнине. Почвы используются как в богарном земледелии, так и в орошаемом (под культуру риса) [9]. К сожалению, регулярное обследование почв на территории края практически не ведется с начала 90-х годов прошлого столетия, поэтому достоверная информация о современном состоянии этих почв весьма актуальна.

Луговые глеевые почвы (глееземы, Glaysols) формируются на тяжелых озерно-аллювиальных отложениях (мощной толще бескарбонатных «бурых глин») на плоских позднечетвертичных аллювиальных террасах в условиях устойчивого поверхностно-грунтового переувлажнения [5, 11].

В профиле агрогенных луговых глеевых почв отчетливо выделяются пахотный, элювиально-глеевый и иллювиально-глеевый горизонты. Мощность окультуренного слоя 20–30 см, серо-коричневой или темно-бурой окраски, гранулометрический состав варьирует от легких до тяжелых суглинков, структура комковатая, встречаются многочисленные новообразования (Fe-Mn конкреции, белесые выцветы). Глеевый (или элювиально-глеевый) горизонт имеет мощность от 15 до 25 см, обычно неоднородной окраски: сизовато-светло-бурый с палевыми, ржавыми и белесыми пятнами, по гранулометрическому составу от тяжелосуглинистого до легкоглинистого, комковатые отдельности распадаются на пластинки, плотный, содержит конкреции различной формы и цвета (ржавые, белесые). Иллювиально-глеевым горизонтам свойственна неравномерная окраска темно-бурого цвета с сизыми и охристыми пятнами, по граням педов наблюдается белесая присыпка, тяжелосуглинистые и глинистые по гранулометрическому составу, глыбисто-икрянистой или комковато-глыбистой структуры, очень плотные, липкие, содержат множество Fe-Mn конкреций и белесые выцветы.

В минералогическом составе данных почв преобладают гидрослюды, монтмориллонит, каолинит, хлорит, кварц, полевые шпаты [5, 7, 8]. Состав илистой фракции свидетельствует о дифференцированном распределении минералов в почвенном профиле. В верхней части профиля (особенно в глеевом горизонте) происходит относительное накопление грубодисперсных минералов (гидрослюды, каолинита), тогда как в иллювиальном горизонте кроме гидрослюд выявлено накопление монтмориллонита, обладающего расширяющейся кристаллической решеткой, и хлорита. По всему профилю наблюдается значительное содержание аморфного вещества, являющегося, результатом преобразования полевых шпатов, слюд и гидрослюд [6]. Наиболее высокая скорость деградации первичных и вторичных минералов происходит в элювиально-глеевом горизонте. Частая смена окислительных условий восстановительными (когда величина Eh изменяется от 180 до 645 Мв) нарушает устойчивость кристаллической решетки, в результате чего происходит разрушение минералов [8], поэтому идет суспензионный вынос не только глинистых минералов с расширяющейся кристаллической решеткой, но и грубодисперсных слоистых силикатов (гидрослюд, каолинита). Подтверждением этого служит минеральный состав натечных корочек иллювиальных горизонтов, которые содержат главным образом гидрослюды, каолинит и, частично, монтмориллонит. Б.А. Зимовец [4] связывает каолинитизацию почвенной массы в переувлажненных почвах с более низкими значениями pH в верхней части профиля.

В.И. Росликова и Б.П. Градусов [10] указывают на повышенное содержание гидрослюд и кварца в илистой фракции верхних горизонтов и отмечают, что основу глинистого вещества составляют гидрослюды и смешаннослойные слюда-сметитовые образования. По данным П.В. Ивашова [6], в гумусовом горизонте этих почв преимущественно присутствует монтмориллонит с примесью гидрослюд, в глеевом — галлуазит из группы каолинита при наличии примеси гидрослюды, в иллювиальных горизонтах — низкозарядный железистый бейделлит из группы монтмориллонита, гидрослюды, хлорит. Образование каолинита в наиболее кислом глеевом горизонте, по его мнению, происходит при дальнейшем разложении минералов группы монтмориллонита вследствие выноса из них «лишних» катионов магния, натрия и железа.

Образцы отбирались в разрезах, заложенных в Пограничном районе на полях под злаковой смесью (овес и ячмень) (разр. 17) и соей (разр. 21) и в Ханкайском районе на рисовом чеке (разр. 22).

Агрогенные луговые глеевые почвы обладают тяжелым гранулометрическим составом по всему профилю, содержание физической глины в переходных к почвообразующей породе горизонтах может достигать 70% (табл. 3.10). Преобладающей фракцией является илистая, хотя, как и в других почвах с дифференцированным профилем, поверхностный слой ее часто обеднен илом, наибольшее содержание которого наблюдается в нижней части профиля (до 48%). Фракция тонкой пыли распределена крайне неравномерно, содержание ее сильно варьирует (5–26%). Обращает на себя внимание довольно высокое количество мелкого песка (до 26%) по всему профилю, но какой-либо закономерности в его распределении не улавливается. Характерной особенностью агрогенных луговых глеевых почв является

Таблица 3.10. Химические свойства агрогенных луговых глеевых почв

Разрез	Горизонт	Глубина, см	pH		Гумус, %	ГК	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Σ	V, %	Ва- ло- вой P ₂ O ₅ , %	По- движ- ный P ₂ O ₅ , мг/100 г почвы	Фракция, %	
			H ₂ O	KCl									<0,001 мм	<0,01 мм
			смоль(экв)/кг											
р. 17	P	0—31	6,8	6,3	2,5	2,23	35,4	2,0	37,4	94	0,24	0,23	16	26
	G	31—45	6,5	5,4	0,61	7,96	30,4	4,9	35,3	82	—	—	13	34
	BG	45—50	6,2	5,4	0,41	4,16	16,2	1,2	17,4	81	—	—	15	36
р. 21	P	0—27	7,1	5,4	2,39	1,71	42,9	8,1	51,0	97	0,17	0,32	16	45
	ElG	27—39	6,9	6,1	1,09	3,11	29,1	12,3	41,4	93	—	—	44	59
	B1G	39—47	6,6	5,8	0,85	4,86	40,4	19,7	60,1	93	—	—	48	79
р. 22	P	0—26	6,5	5,8	3,97	7,7	35,2	4,7	39,9	84	0,21	0,34	22	57
	G	26—46	6,3	5,4	1,45	8,75	16,2	7,1	23,3	73	—		17	64
	BG	46—57	6,9	5,4	2,99	8,56	24,9	2,5	27,4	76	—		19	70

Примечание. ГК – гидролитическая кислотность, V – степень насыщенности почв основаниями.

двучленность профиля по гранулометрическому составу: отчетливое разделение на более легкий верхний и тяжелые нижние горизонты.

Щелочно-кислотные условия в исследованных почвах несколько различаются, величина обменной кислотности в р. 17 оценивается как нейтральная, в р. 21 – как слабокислая, в р. 22 – как близкая к нейтральной. Гидролитическая кислотность характеризуется как повышенная в р. 22 и очень низкая в остальных разрезах. Содержание гумуса является важным параметром, характеризующим плодородие почв, во всех исследованных почвах оно оценивается как ниже среднего, хотя в почве рисовника (р. 22) близка к нему. Среди оснований в почвенном поглощающем комплексе доминирует кальций, сумма поглощенных оснований очень высокая, так же как и степень насыщенности ППК основаниями, при этом наименьшие значения выявлены в почвах под рисом. Содержание валового фосфора лежит в пределах 0,17–0,24%, оно максимально в р. 17, содержание подвижного фосфора крайне незначительно.

Изучение содержания и профильного распределения валового и доступных для питания растений форм калия (необменного и обменного) позволяет выполнить детальную оценку почвенного плодородия в отношении этого важнейшего элемента питания. Для полной энергетической характеристики почв необходимы сведения о калийном потенциале и потенциальной буферной способности почв в отношении калия – показателей, характеризующих одно из фундаментальных свойств почвенной системы – состояние ее устойчивости. Кроме того, они позволяют охарактеризовать подвижность ионов калия в почвенном растворе и оценить доступность данного элемента растениям. Выявление отклонения параметров потенциальной буферной способности почв в отношении калия от характерного для данной почвы уровня дает возможность судить о направленности изменений почвенного плодородия и широко используется в мировой практике.

Традиционные формы калия определяются по общепринятым методикам: обменный калий – по Масловой в вытяжке 1,0 н уксуснокислого аммония, не-обменный – по методике Почвенного института им. В.В. Докучаева кипячением вытяжки 2,0 н соляной кислоты, валовой – спеканием по Смиту. Потенциальную буферную способность почв в отношении калия (ПБС^к) и калийный потенциал (КП) – по Беккету методом адсорбционно-десорбционных изотерм. Используемые методики являются стандартными в мировой практике [1].

Обменная форма, определенная по методу Масловой, лежит в основе группировки почв по обеспеченности калием при расчете доз минеральных удобрений. Использованный метод определения необменного калия в наибольшей степени отражает изменение содержания калия в почве в связи с выносом его растениями, кроме того, в кипящую 2,0 н солянокислую вытяжку переходит примерно равное количество того труднодоступного калия, за счет которого идет питание растений [13].

Подробная градация количества в почвах необменного калия в России не принята, она выполнена только для почв Китая [15]. Содержание считается низким при 8–20 мг/100 г почвы (при содержании валового 0,7–1,7%), пониженным – при 20–40 мг (1,3–2,3%), средним – при 40–60 мг (1,3–2,5%), повышенным – при 60–90 мг (1,5–2,6%), высоким – при 90–140 мг (1,9–2,6%) и очень высоким – при более 140 мг (1,9–2,9%). Почвы северо-восточного Китая близки по генезису к исследуемым почвам, поэтому использование данной градации считаем вполне оправданным.

Обеспеченность обменным калием пахотных горизонтов агрогенных луговых глеевых почв Приморья, по данным А.А. Аксенова [2], варьирует от низкой до очень высокой (10–33 мг/100 г почвы), Н.Е. Стрельченко [14] относит их к среднеобеспеченным (13,7–14,9 мг/100 г). Отмечается, что распределение обменного калия по профилю глееземов неравномерно, максимум наблюдается в средней части.

Содержание обменного калия в пахотном горизонте исследованных почв оценивается как среднее в р. 17 и повышенное в остальных (табл. 3.11). Характер распределения по профилю элювиально-иллювиальный, содержание в осветленном слое практически повсеместно колеблется от среднего до повышенного,

Таблица 3.11. Содержание калия в агрогенных луговых глеевых почвах

Разрез	Горизонт	Глубина, см	Валовой, %	Необменный	Обменный
				мг/100 г почвы	
р. 17	P		1,62	88,3	10,4
	G	31–45	1,58	68,3	6,6
	BG	45–50	2,00	107,5	16,2
р. 21	P	0–27	1,91	122,1	17,2
	EIG	27–39	1,90	91,8	13,7
	BIG	39–47	1,86	120,2	23,1
р. 22	P	0–26	1,82	81,1	15,5
	G	26–46	1,78	64,7	12,9
	BG	46–57	1,55	72,0	19,4

в иллювиально-глеевом оно максимально и лежит в пределах от повышенного до высокого. Распределение по профилю необменного калия неравномерно, также носит элювиально-иллювиальный характер, количество его колеблется от повышенного до высокого. Наименьшее содержание необменного калия отмечается в профиле рисовых почв. Максимум в содержании валового калия, как правило, присущ гумусовому слою, количество его оценивается как среднее и изменяется от 1,62 до 2,00%.

Потенциальная буферная способность почв в отношении калия ($\text{ПБС}^{\text{К}}$) – это показатель, характеризующий способность почвы поддерживать определенный уровень концентрации калия в равновесном растворе, прочность связи ионов калия с почвенным поглощающим комплексом. Известно, что чем выше $\text{ПБС}^{\text{К}}$, тем устойчивее равновесие между калием твердой фазы почвы и почвенного раствора, тем больше способность почвы сохранять присущий ей уровень плодородия. Но увеличение $\text{ПБС}^{\text{К}}$ не всегда является положительным фактором, так как при сильном калийном истощении свидетельствует о мобилизации малодоступных резервных форм калия, ведущей к снижению плодородия. Подробной оценочной градации для $\text{ПБС}^{\text{К}}$ не существует. Она считается низкой при величине <50 , средней – при величине от 50 до 100, повышенной – от 100 до 200 и высокой – >200 . Важнейшими параметрами энергетического баланса калия в почве кроме $\text{ПБС}^{\text{К}}$ являются равновесный калийный потенциал (ARo) и рассчитанный на его основе калийный потенциал (КП), содержание легкообменного калия ($-\Delta\text{Ko}$), занимающего «неспецифические» обменные позиции в ППК, содержание труднодоступного калия ($-\text{KX}$) (на «специфических» сорбционных позициях) и лабильного калия ($-\text{KL}$) (общее количество подвижного калия). Для расчета термодинамических показателей использовали методику [3].

Наибольшие значения величины $\text{ПБС}^{\text{К}}$ в агрогенных глееземах наблюдаются в иллювиальных горизонтах (93,35–141,62), в окультуренных они значительно ниже (66,35–83,37) (табл. 3.12). Распределение значений потенциальной буферной способности в отношении калия ($\text{ПБС}^{\text{К}}$) по профилю агрогенных луговых глеевых почв носит элювиально-иллювиальный характер. Наибольшие значения присущи

Таблица 3.12. Термодинамические показатели калийного состояния
в агрогенных луговых глеевых почвах

Разрез	Горизонт	ПБС ^к	ARo*10 ⁻³ моль/л ^{0,5}	-ΔKo	-KL	-KX	КП
				мг-экв/100 г почвы			
р. 17	P	66,35	2,90	0,19	0,19	0,00	2,54
	G	47,22	3,10	0,15	0,16	0,01	2,51
	BG	93,35	4,33	0,40	0,45	0,05	2,36
р. 21	P	82,67	3,13	0,26	0,27	0,01	2,50
	EIG	62,21	7,09	0,04	0,04	0,00	2,15
	B1G	188,65	1,72	0,32	0,35	0,03	2,76
р. 22	P	83,37	3,83	0,32	0,35	0,03	2,41
	G	141,62	4,75	0,67	0,79	0,12	2,32
	BG	134,81	3,51	0,47	0,52	0,05	2,45

рисовым почвам, наименьшие — немелиорированным (табл. 3.12). Количество легкообменного калия ($-ΔKo$) невелико, максимально в глубине профиля, по всей почвенной толще оно ниже, чем в вытяжке 1,0 н уксуснокислого аммония. Содержание труднообменного калия ($-KX$) незначительно, хотя в слое BG может достигать 0,12 мг-экв/100 г почвы, оно выше в почвах рисовников. Судя по величине калийного потенциала, доступность калия растениям в пахотном горизонте немелиорированных почв невелика ($KP \geq 2,50$), наиболее оптимальные условия складываются только в рисовых почвах ($KP 2,41$).

Для всех агрогенных луговых глеевых почв кривая сорбции в гумусовом горизонте имеет S-образную форму, что, вероятно, связано с наличием в верхней части профиля нескольких типов неспецифических обменных позиций. Форма изотермы сорбции в элювиально-глеевом горизонте близка к прямолинейной и, вероятно, характеризует обмен на однородных неспецифических обменных позициях минералов группы гидрослюды и каолинита [12].

Совместный анализ традиционных и термодинамических показателей позволил установить, что в немелиорированных агрогенных луговых глеевых почвах имеются признаки неблагоприятного калийного состояния. Использование параметров потенциальной буферной способности почв в отношении калия убедительно показывает снижение в них количества доступных для питания растений форм калия и значительное возрастание прочности связи ионов калия с почвенным поглощающим комплексом. Определение только обменной формы калия не дает такой возможности. Вероятно, сказывается недооценка роли калийных удобрений и длительный период отсутствия пополнения запасов доступного калия в этих почвах.

Информация о содержании различных тяжелых металлов (ТМ) в почвах является базовой для регионального и локального мониторинга. Особую ценность при этом представляют собой данные о химическом составе основных типов почв конкретных регионов. Для построения геохимических спектров исследуемых агрогенных луговых глеевых почв были рассчитаны коэффициенты концентрации: отношение содержания элемента в пахотном слое почв к кларку элемента в литосфере (КК1) и к кларку в почвах мира (КК2). В качестве кларков использовали данные работы [16].

Содержание тяжелых металлов в пахотных слоях различных агрогенных луговых глеевых почв Приханкайской низменности варьирует незначительно (табл. 3.13), превышения ПДК/ОДК не наблюдается. Аккумулятивный ряд рас-

**Таблица 3.13. Валовое содержание тяжелых металлов
в агрогенных луговых глеевых почвах, мг/кг**

Разрез	Mn	Co	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb
р. 17	650	13	43	24	55	1,4	26
р. 21	700	17	36	24	80	1,8	25
р. 22	550	14	44	26	53	2,0	25
Кларк в литосфере	900	10	20	55	70	0,1	15
Кларк в почве	488	11,3	29	38,9	70	0,41	27

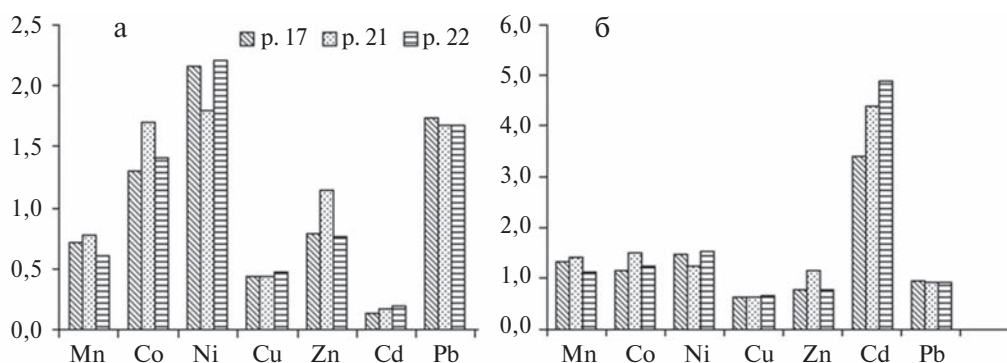


Рис. 3.1. Отношение содержания ТМ в пахотном слое агрогенных луговых глеевых почв к кларку в литосфере (а) и кларку в почвах мира (б)

предела валового содержания ТМ в рассматриваемых почвах выглядит как $Mn > Zn > Ni > Pb > Cu > Co > Cd$. В почвах рисовников (р. 22) выявлено наибольшее содержание кадмия при наименьшем содержании марганца.

Более информативным является анализ коэффициентов концентрации (рис. 3.1). Величина КК1 позволяет выявить геохимические особенности агрогенных луговых глеевых почв Приханкайской низменности. По сравнению с литосферой в верхнем слое всех почв наблюдается аккумуляция кобальта, никеля и свинца. Одновременно с этим происходит вымывание из пахотного слоя марганца, меди, кадмия и частично цинка. Величина КК2 позволяет утверждать, что в сравнении с почвами мира исследованные агрогенные луговые глеевые почвы значительно обогащены кадмием, содержание в них меди, цинка и свинца намного ниже общемирового, а содержание марганца, кобальта, никеля ненамного превышает мировой уровень.

Полученные данные позволили выполнить детальную характеристику плодородия и экологического состояния агрогенных луговых глеевых почв Приханкайской низменности. Исследованные почвы обладают низким содержанием гумуса, очень низким – подвижного фосфора при среднем и повышенном содержании подвижного калия. Почвы слабокислые и нейтральные с высокой степенью насыщенности обменными основаниями. Высокий калийный потенциал свидетельствует о слабой доступности ионов калия растениям в немелиорированных почвах. Геохимической особенностью почв исследованного района является слабая обеспеченность медью и цинком при повышенном содержании кадмия.

Литература

1. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука, 1975. 656 с.
2. Аксенов А.А., Ильина С.И. Соотношение между результатами определения обменного калия в почве разными методами // Химия в сельском хозяйстве. 1977. № 4. С. 24–26.
3. Гринченко Т.А. Потенциальная буферная способность основных типов почв УССР относительно калия и ускоренный метод обработки результатов ее определения // Агрохимия. 1982. № 1. С. 115–120.
4. Зимовец Б.А. Почвенно-геохимические процессы муссонно-мерзлотных ландшафтов. М.: Наука, 1967. 167 с.
5. Иванов Г.И. Почвообразование на юге Дальнего Востока. М.: Наука, 1976. 200 с.

6. Ивашов П.В. Минералогический состав элювиально-глеевых почв на базальтах Борисовского плато // Изменение почвенного покрова Дальнего Востока в результате сельскохозяйственного использования и мелиорации: Сб. науч. тр. Примор. с.-х. ин-та. Уссурийск, 1978. Вып. 52. С. 109–112.
7. Корляков А.С., Сунгуров Ю.И. Химическая и минералогическая характеристика лугово-бурых оподзоленных, луговых глеевых оподзоленных и луговых глеевых почв долины реки Сунгач // Избыточно-увлажненные почвы Дальнего Востока и их мелиорация. Владивосток, 1970. Вып. 1. С. 66–71.
8. Костенков Н.М. Окислительно-восстановительные режимы в почвах периодического переувлажнения (Дальний Восток). М.: Наука, 1987. 195 с.
9. Костенков Н.М., Ознобихин В.И., Жарикова Е.А., Толстоконова Е.Н., Травин В.А. Кадастровая оценка земель Приморского края // Международный сельскохозяйственный журнал. 2007. № 3. С. 47–51.
10. Росликова В.И., Градусов Б.П. Генезис илистого материала почв в связи с эволюцией ландшафтов Приханкайской низменности // Почвоведение. 1981. № 2. С. 27–40.
11. Росликова В.И., Рыбачук Н.А., Короткий А.М. Атлас почв юга Дальнего Востока России (Приханкайская низменность). Владивосток: Дальнаука, 2010. 246 с.
12. Соколова Т.А., Куйбышева И.П. Калийный потенциал и потенциальная буферная способность серых лесных почв по отношению к калию // Почвоведение. 1988. № 3. С. 40–52.
13. Степанов А.Г. Сравнительная оценка методов определения почвенного калия // Науч.-тех. бюл. СО ВАСХНИЛ. 1986. С. 22–30.
14. Стрельченко Н.Е. Комплексное почвенно-агрохимическое исследование и принципы качественной оценки почв в Приморье: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 1966. 24 с.
15. Hsaung Y. General aspects of the soils in China // Soil Report. 1980. N1. P. 1–9.
16. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. 4-th edition. Roca Raton. CRS Press, 2011. 548 p.

ПРОБЛЕМЫ СОХРАНЕНИЯ БИОРАЗНООБРАЗИЯ БАССЕЙНА ОЗЕРА ХАНКА И МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА В РАМКАХ ДВУСТОРОННЕГО ЗАПОВЕДНИКА «ОЗЕРО ХАНКА»

Озеро Ханка является самым большим пресноводным озером на северо-востоке Азии. Общая площадь водной поверхности оз. Ханка 4070 км². Ханка – крупнейшее озеро бассейна р. Амур, который включает территории 3 стран: Россия (51%), Китай (42%), Монголия (7%). Озеро разделено государственной границей с КНР на две части.

Сохранение биоразнообразия оз. Ханка имеет очень большое значение для биоразнообразия всего бассейна р. Амур, и прежде всего для сохранения биоразнообразия птиц. Господствующие ландшафты – открытые равнины с травянистыми лугами, болотами, плавнями, многочисленными мелкими озерами. В бассейне оз. Ханка насчитывается 709 видов высших сосудистых растений, относящихся к 378 родам, 113 семействам. Растительность побережья оз. Ханка представляет собой заросли тростников, осоковые и разнотравные луга с чередующимися группами деревьев и кустарников, гривы с широколиственными зарослями. Среди высшей водной растительности имеется много теплолюбивых и реликтовых видов, занесенных в Красные книги разной категории. На песчаных участках произрастает эндемик западного побережья оз. Ханка – остролодочник ханкайский. На Приханкайской низменности отмечено 78,4% от всего количества птиц, внесенных в Список-приложение к международной Конвенции «Об охране перелетных птиц и птиц, находящихся под угрозой исчезновения, и среды их обитания». Всего здесь зафиксировано 336 видов птиц, из них 49 видов занесено в Красную книгу России,

12 — в Красную книгу МСОП. Здесь гнездится самая крупная на Дальнем Востоке колония цапель (*Ardeidae*). Наблюдаются массовые скопления водоплавающих птиц в период пролета. Отмечено гнездование тростниковой суроты (*Paradoxornis heudei*). До 25 пар японских журавлей выводят здесь свое потомство. По разнообразию ихтиофауны оз. Ханка не имеет аналогов среди пресноводных водоемов во всей Палеарктике. Здесь зафиксировано 78 видов пресноводных рыб. Это составляет 72% от общего числа видов, обитающих в бассейне р. Амур, и около 25% всех пресноводных рыб фауны России.

В целях сохранения уникального биоразнообразия в соответствии с Рамсарской конвенцией (1971) бассейну оз. Ханка присвоен статус водно-болотных угодий международного значения. Озеро Ханка являлось одним из 3 водно-болотных угодий, заявленных СССР при подписании Конвенции, из расположенных на территории Российской Федерации. При подписании Конвенции Россия заявила площадь водно-болотного угодья равной 310 тыс. га. Озеро Ханка подпадает под охрану 3 двусторонних конвенций «Об охране перелетных птиц и птиц, находящихся под угрозой исчезновения, и среды их обитания»: Советско(Российско)-Японской, 1973 г.; Советско-Корейской (КНДР), 1987 г.; Российско-Корейской (Республика Корея), 1994 г.

В целях выполнения обязательств российской стороны по Рамсарской конвенции и двусторонним конвенциям и для обеспечения сохранения уникального биоразнообразия в 1990 г. был создан государственный природный заповедник «Ханкайский». Изначально планировалось создать заповедник на площади 150 тыс га. Но к концу 80-х годов XX в. общая площадь сохранившихся естественных водно-болотных угодий составляла уже 80 тыс. га. Заповедник был создан лишь на площади 37 989 га. Несмотря на незначительную площадь, по количеству видов птиц он занимает лидирующее положение (на сходных по размерам участках) во всех умеренных широтах Европы и Азии. Заповедник состоит из 5 кластерных участков, расположенных в 5 административных районах. В 2000 г. к его территории присоединен земельный участок площадью 1300 га. Площадь охранной зоны — 75 510 га. Из общей площади заповедника, равной 39 289 га, площадь акватории составляет 5950 га, болота — 26028 га, луга — 5558 га; лес и кустарник — 554 га, прочие — 99 га. В 2005 г. заповеднику присвоен статус биосферного.

В 1986 г. на северной части бассейна оз. Ханка, на смежной китайской территории организован заповедник (самый старейший заповедник на равнине Саньцзян) «Синькай-Ху». В 1994 г. этот заповедник переведен в статус государственного. С 1997 г. он входит в сеть заповедников по охране журавлей северо-восточной Азии. В 2002 г. заповедник включен в список Рамсарских угодий. Общая площадь заповедника «Синькай-Ху» 222 488 га. Из них акватория (озера и реки) — 124 667 га, болота и луга — 46 364 га, пашня — 42 697 га, лес — 8 583 га, прочие — 117 га.

Территория включает зоны различного назначения, в том числе: ядро (по сути, сам заповедник) — 39 917 га (участки: береговая полоса — 7 222 га, северо-восточная равнина — 15 654 га, юго-восточная часть (храм дракона) — 17 041 га); буферная (охранная) зона — 9495 га; экспериментальная зона — 157 111 га (участки: Малая Ханка — 16 407 га, Большая Ханка — 88 847 га, другие — 51 857 га).

На территории заповедника зафиксировано более 600 видов растений, в том числе 10 видов первой категории. Видов животных: рыб — 67, амфибий — 7, рептилий — 7, птиц — 232, из них (первой категории — 9 видов, второй категории — 41 вид), млекопитающих — 39 (первой категории — 5 видов). Всего позвоночных — 352 вида (в т.ч. глобально редких — 18).

В 1996 г. между правительствами России и Китая подписано соглашение о создании на базе заповедников «Ханкайский» и «Синкай-Ху» международного заповедника (резервата) «Озеро Ханка». Заповедник «Синкай-Ху» в 2007 г. утвержден в статусе биосферного резервата. Это позволяет ставить вопрос о присвоении статуса биосферного трансграничному резервату.

За 20 лет со времени создания двустороннего резервата сделано следующее:

1. Состоялось около 10 встреч, в которых с российской стороны участвовали специалисты системы Минприроды России, ученые, сотрудники органов государственной власти Приморского края. Во время встреч подписано несколько договоров и соглашений.

2. Достигнута договоренность о создании Смешанной комиссии, что было предусмотрено двусторонним соглашением по созданию трансграничного резервата, а также согласовано положение о ней и определено ее представительство. В России состав Смешанной комиссии утвержден Минприроды РФ в 2004 г.

3. Разработаны и приняты научные программы как российской, так и китайской стороной. Проводятся совместные орнитологические учеты; осуществляются совместные эколого-просветительские акции.

4. Китайским заповедником реализуется 10-летняя программа развития.

Двусторонние проблемы в бассейне оз. Ханка

- Отсутствие четкой координации деятельности трансграничного резервата «Озеро Ханка».

- Техногенное загрязнение от населенных пунктов.

- Промышленная и сельскохозяйственная деятельность, осуществляемая без соблюдения режима особой охраны водно-болотного угодья международного значения и требований конвенций.

- Отсутствие единых требований и критериев по рациональному использованию природных ресурсов бассейна оз. Ханка.

- Отсутствие у заповедников, входящих в состав трансграничного резервата, соответствующих подразделений и отчетности, целевого финансирования международной деятельности.

- Отсутствие утвержденной программы по трансграничным учетам птиц, мониторинговым исследованиям и целевого ее финансирования.

- Активное браконьерство, наносящее ущерб биоресурсам, прежде всего водным биоресурсам с китайской стороны.

Проблемы на российской части бассейна оз. Ханка

- Несовершенство природоохранной законодательной базы, где отсутствуют понятия о трансграничных ООПТ.

- Отсутствие выраженной заинтересованности со стороны Минприроды России в развитии двустороннего сотрудничества в бассейне оз. Ханка.
- Крайне низкое финансирование мониторинговых исследований в бассейне оз. Ханка, не позволяющее их осуществление даже в объеме исследований конца XX в.
- Не утверждено на федеральном уровне расширение территории заповедника «Ханкайский», на краевом уровне исполненное в 2004 г.
- Крупномасштабное браконьерство при снятии запрета на лов рыбы на российской части акватории оз. Ханка.
- Пожары на территории заповедника и его охранных зон, в результате которых выгорают гнезда птиц.

Проблемы на китайской части бассейна оз. Ханка

- Необходимость приведения в соответствие режима природопользования на некоторых участках заповедника в соответствии с их статусом (с выселением отдельных деревень).
- Необходимость расширения заповедника «Синькай-Ху».

Предложения по решению проблем сохранения биоразнообразия в бассейне оз. Ханка

- Разработать стратегический план по сохранению биологического разнообразия и развитию трансграничного заповедника, включая оценку трансграничного воздействия на состояние оз. Ханка и его биоресурсы. *(В 2006 г. была попытка начать работу по составлению стратегического плана действий по озеру Ханка).*
- Разработать единую программу действий по борьбе с браконьерством и представить ее для принятия на межправительственном уровне.
- Координировать совместную деятельность заповедников с ежегодным утверждением планов совместных работ.
- Обеспечить обмен информацией о планах и проектах хозяйственного развития, способных оказать серьезное влияние на сохранение биологического разнообразия на приграничных территориях.
- Ужесточить режим природопользования на территориях, входящих в состав трансграничного резервата и его охранных зон *(прежде всего «Синькай-Ху»)*.
- Проводить совместные научные исследования. Проводить международный учет птиц на весенне-осенних миграциях и мониторинг за редкими видами птиц в бассейне оз. Ханка.
- Обеспечить обмен информацией, касающейся мониторинга состояния экосистем и видов.
- Осуществлять совместный контроль за соблюдением законодательства на территории трансграничного заповедника,
- Проводить мероприятия по предотвращению действий, нарушающих режим трансграничного резервата и его охранных зон.
- Разработать и принять рекомендации по ведению мониторинга состояния окружающей среды, включая биоресурсы, по методикам, которые можно использовать по обе стороны границы.

- Разработать рекомендации по сохранению видов, занесенных на одной стороне госграницы в Красную книгу и являющихся промысловыми объектами на другой стороне.
- Утвердить границы водно-болотного угодья международного значения.
- Обеспечить комплекс мер, направленных на сохранение видов флоры и фауны, находящихся под угрозой исчезновения на приграничных территориях России и Китая.
- Организовать курсы обучения, семинары и научные конференции.
- Осуществлять активную совместную деятельность по расширению пропаганды и экологического воспитания среди местного населения по вопросу сохранения биоразнообразия на территории трансграничного резервата. *(Обеспечить благоприятный политический климат среди местного населения двух сторон).*
- Осуществлять совместную публикацию статей, издание сборников статей и пропагандистских материалов.
- Проводить обмен правовыми актами по вопросам трансграничных ООПТ и сохранения биологического разнообразия.
- Определить способы срочного оповещения соответствующих служб сторон о возникновении чрезвычайных ситуаций (например, российской стороны о возникновении на ее территории очагов пожаров).
- Упрощение пропускной системы пограничных служб для членов Смешанной комиссии, участников совместных исследований и членов рабочих групп.

**СОХРАНИТЬ уникальную природу бассейна озера Ханка
возможно, лишь объединив усилия двух стран.**

ИЗМЕНЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ И КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗООПЛАНКТОНА И НЕКТОБЕНТОСА В ОЗЕРЕ ХАНКА В 2014–2015 гг.

Сборы зоопланктона и нектобентоса начаты с 1990 г. [1–5, 9]. Пробы собирались по стандартной сетке станций с использованием планктонной сети Нансена с площадью входного отверстия 0,1 м², икорной сети ИКС-80 с площадью входного отверстия 0,5 м² и донным бим-тралом шириной 1 м и высотой 0,5 м.

За весь период исследований с 1990 г. в планктонных сборах в оз. Ханка отмечено около 200 видов животных. Из них в разные периоды только 5–7 видов — эпишура (*Epischura chankensis*), диафаносома (*Diaphanosoma chankensis*), мезоциклопс (*Mesocyclops dissimilis*), дафния (*Daphnia longispina*), босмина (*Bosmina fatalis*), мойна (*Moina chankensis*) и бёккелля (*Boeckella orientalis*) — в среднем составляют до 80–90% от суммарной биомассы планктонных животных.

В августе 2014 и 2015 гг. в период проведения исследований в планктонных сборах обнаружено 30–40 видов животных. Видовое разнообразие уменьшилось в 1,5–3 раза по сравнению с данными, полученными для указанного периода до 2004 г. Вероятно, это связано с тем, что после подъема уровня воды в озере зна-

чительно уменьшился или на отдельных участках был полностью уничтожен пояс высшей водной растительности. При выполнении прибрежных работ около этого пояса постоянно фиксировалось большое количество зарослевых видов животных и коловраток. Однако, несмотря на значительное снижение видового разнообразия, доля видов коловраток продолжает оставаться довольно высокой — до половины от всего сообщества.

Среднее значение биомассы зоопланктона в период августовских работ составило 1,3 г/м³ (рис. 3.2).

Большую роль при низком уровне воды играло, как уже говорилось выше, прибрежное сообщество, особенно коловратки. Доля коловраток по численности превышала 20–30%, а по биомассе достигала до 5%. В период работ 2014–2015 гг. биомасса зоопланктона составила 0,851 и 1,262 г/м³ при численности порядка 140–150 тыс. экз./м³. Доля коловраток уменьшилась до 10% от численности и до 1% от биомассы. В 2014 г. из основных групп планктонных животных более 50% от биомассы приходилось на долю веслоногих ракообразных и около 40% на долю ветвистоусых ракообразных. В 2015 г. всё происходило с точностью до наоборот — на долю Cladocera приходилось более 50%, а около 40% на долю Copepoda. При этом по численности в оба года 70–80% составляли веслоногие ракообразные (рис. 3.3, 3.4). Ранее при низком уровне воды в этот период обычно наблюдался пик численности и биомассы ветвистоусых ракообразных и коловраток, а доля веслоногих ракообразных возрастала позднее, к сентябрю.

В оз. Ханка обитают 3 вида креветок — *Macrobrachium sp.*, *Palaemon modestus*, *Palaemonetes sinensis* [1, 6, 8, 10, 11]. Ранее в период проведения работ отмечались все три вида. Из них первый вид ведёт сугубо донный образ жизни, т.к. ползает по дну, а два остальных — нектобентический, т.е. обитают в придонном слое, при этом *Palaemon modestus* занимает всю открытую центральную зону озера, а *Palaemonetes sinensis* — прибрежно-зарослевый вид. После подъема уровня воды в озере зона, занимаемая *Palaemon modestus*, увеличилась, а остальных видов креветок — изменилась и несколько уменьшилась.

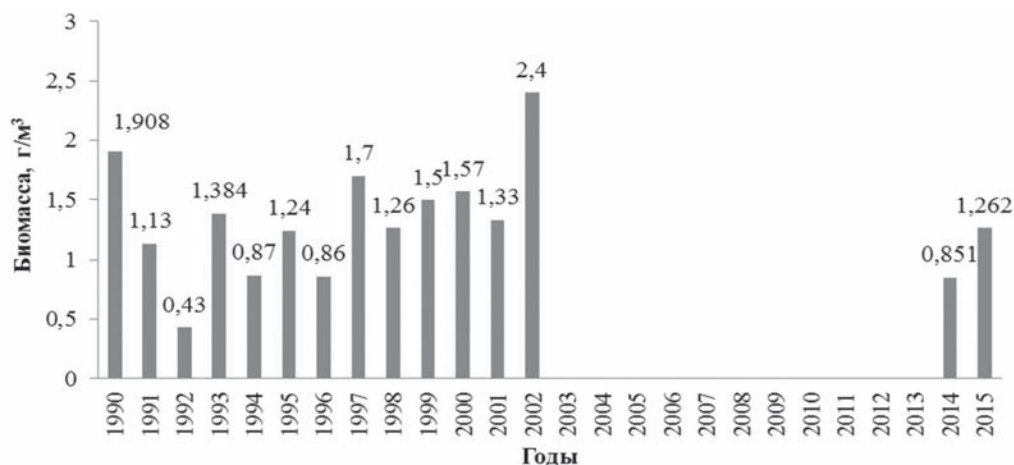


Рис. 3.2. Межгодовая динамика биомассы зоопланктона оз. Ханка в августе

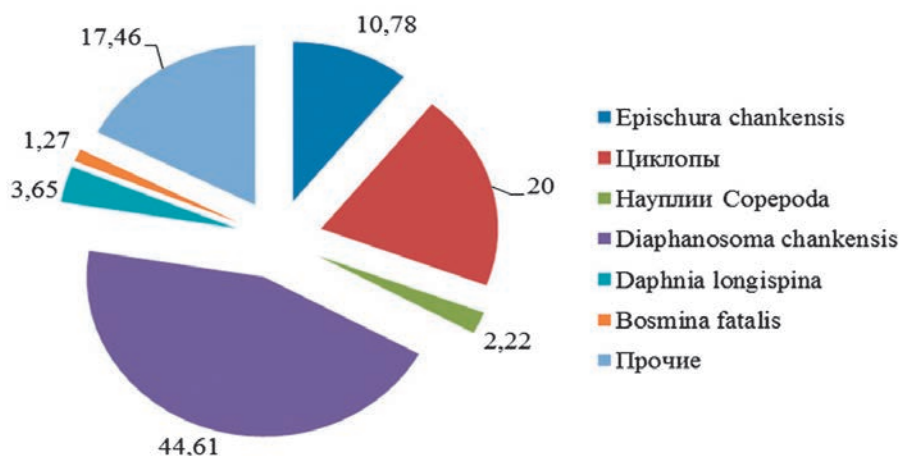


Рис. 3.3. Доля различных групп зоопланктона по биомассе в 2014 г. (в %)

В целом же и ранее в 30-х годах прошлого века [7], и в период наших исследований до 2001 г. средняя биомасса *Palaemon modestus* в оз. Ханка составляла порядка 200 т. После падения запасов ценных промысловых видов рыб, которое произошло в результате интенсивного ННН-промысла, стало наблюдаться резкое повышение количества креветок в озере. Однако с восстановлением запасов рыб этот процесс замедлился. Последние 4–5 лет наблюдается подъём уровня воды в озере, который уничтожил довольно большую часть пояса высшей водной растительности в озере. Разлагающаяся фитомасса служит дополнительной кормовой базой для креветок, обитающих в озере. Возможно, что увеличение ёмкости среды и повышение кормовой базы послужило толчком к росту численности *Palaemon modestus*. В результате её запас в озере в 2015 г. превысил 1 тыс. т (рис. 3.5). Учитывая высокую долю молоди в популяции креветки и большую, чем в 2014 г. (в 2 раза), её численность, следует ожидать дальнейший рост биомассы *Palaemon modestus* в водоёме.

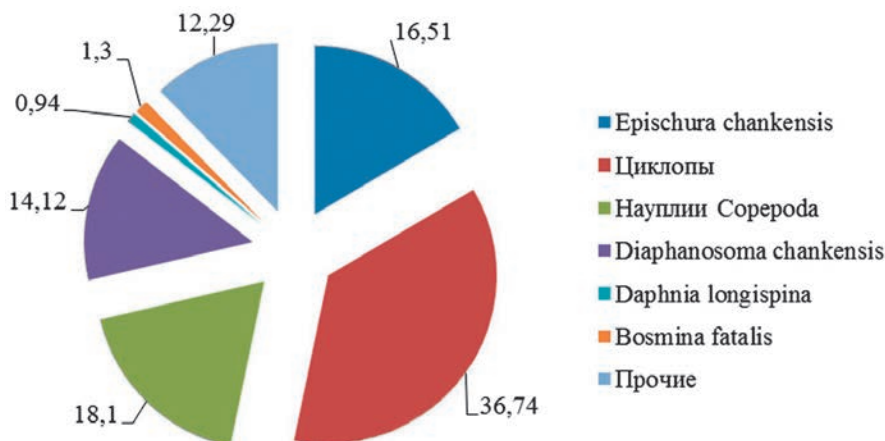


Рис. 3.4. Доля различных групп зоопланктона по биомассе в 2015 г. (в %)

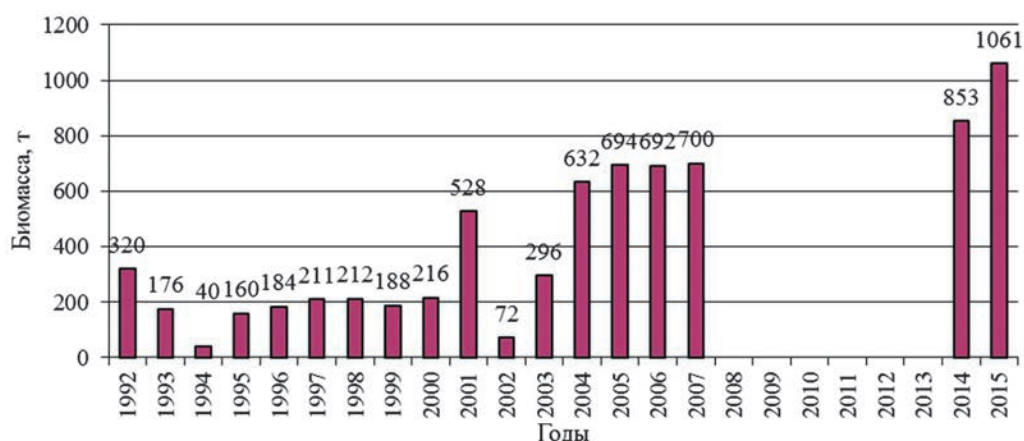


Рис. 3.5. Межгодовая динамика биомассы креветки *Palaemon modestus* в оз. Ханка

Следует также отметить некоторые интересные факты. Например, колебания биомассы в отдельные периоды, как это наблюдалось в 2002 г., были связаны с колебаниями уровня режима водоёма. В период с конца августа до начала октября произошёл подъём уровня воды в озере примерно на 70 см. В результате часть запаса креветок перераспределилась в осенний период из озера в его придаточную систему. Позднее к октябрю 2003 г. её количество постепенно восстановилось за счёт обратной миграции *Palaemon modestus* в озеро (рис. 3.6).

Таким образом, повышение уровня воды в оз. Ханка не вызвало негативных изменений в планктонном сообществе, хотя и несколько снизилось видовое разнообразие, а количество креветок возросло в 2–5 раз по сравнению с данными, полученными до резкого роста уровня режима водоёма. Следовательно, увеличение уровня воды в озере благоприятно сказалось на количественных показателях зоопланктона и нектобентоса, что положительно отразится для всей водной экосистемы в целом.

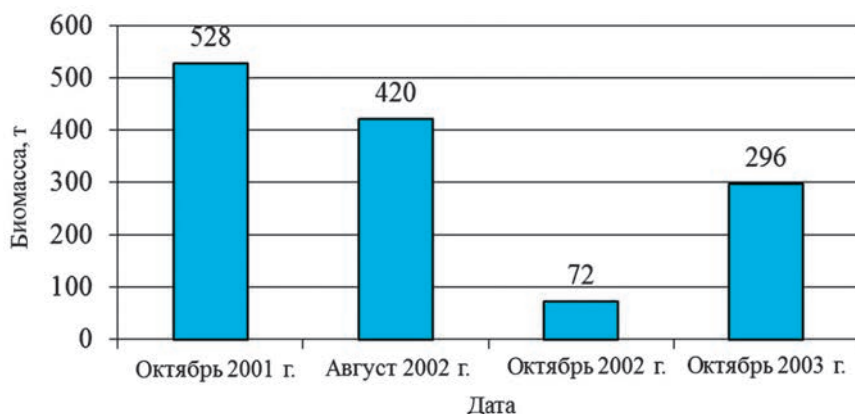


Рис. 3.6. Изменения биомассы креветки *Palaemon modestus* в оз. Ханка, произошедшие в результате колебаний уровня воды в водоёме

Литература

1. Барабанщиков Е.И. Креветки озера Ханка // Тезисы докл. III региональной конференции по актуальным проблемам экологии, морской биологии и биотехнологии студентов, аспирантов и молодых ученых Дальнего Востока России. Владивосток: Изд.-во ДВГУ, 2000. С. 13–14.
2. Барабанщиков Е.И. Зоопланктон озера Ханка: динамика, распределение, продукция // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Владивосток: Дальнаука, 2001. Вып. 1. С. 195–204.
3. Барабанщиков Е.И. К плодовитости озёрной формы пресноводной креветки *Leander modestus* в оз. Ханка // Материалы Всероссийской Интернет-конференции молодых учёных. Владивосток: Изд. ТИНРО-Центра, 2002. С. 3–6.
4. Барабанщиков Е.И. Зоопланктон озера Ханка: автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2004. 23 с.
5. Барабанщиков Е.И., Кожевников Б.П. Динамика численности и биомассы зоопланктона открытой части оз. Ханка // Известия ТИНРО. 1998. Т. 123. С. 362–374.
6. Булдовский А.Т. Новые данные о фауне Decapoda из бассейна оз. Ханка // Вестник ДВФ АН СССР. 1933. Вып. 1–3. С. 43–65.
7. Булдовский А.Т. К вопросу о продуктивности дна и воды озера Ханка и отчасти его бассейна // Вестник ДВ ФАН СССР. 1934. № 10. С. 53–73.
8. Виноградов Л.Г. Определитель креветок, раков и крабов Дальнего Востока // Известия ТИНРО. 1950. Т. 33. С. 180–356.
9. Кожевников Б.П., Барабанщиков Е.И. Состав и сезонная динамика численности и биомассы зоопланктона в пелагиали оз. Ханка // Проблемы сохранения водно-болотных угодий международного значения: озеро Ханка: труды международной научно-практической конференции. Спасск-Дальний: Заповедник «Ханкайский», 1995. С. 78–79.
10. Куренков И.И. К биологии дальневосточных пресноводных креветок // Труды амурской ихтиологической экспедиции 1945–1949 гг. М.: Изд.-во МОИП, 1950. Т. 1. С. 379–390.
11. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. СПб.: Изд. ЗИН РАН, 1995. Т. 2. 629 с.

ДИНАМИКА СОСТОЯНИЯ ЗАПАСОВ РЫБ ОЗЕРА ХАНКА

Озеро Ханка — крупнейший на Дальнем Востоке России пресноводный водоем. При этом оно является самым крупным водоемом бассейна р. Амур, расположенным в самой южной его части.

В состав ихтиофауны оз. Ханка входит около 90 видов [1, 4, 6], что составляет свыше 70% от общего числа видов бассейна (табл. 3.14) Амура и $\frac{1}{4}$ от всех пресноводных рыб фауны России.

Таблица 3.14. Количество видов рыб некоторых рек СССР

Река	Амур	Волга	Дунай	Енисей	Обь	Лена
Число видов	133*	77	86	63	47	46

* По Г.В. Новомодному [4].

По разнообразию фауны этот небольшой с географической точки зрения бассейн не имеет аналогов не только в России, но и во всей Палеарктике. Из них около 20 видов рыб озера являются промысловыми или потенциально промысловыми; 10 видов составляют не менее 90% годового улова и рассматриваются как ресурсообразующие. Это такие виды, как сазан, карась, сом, щука, змееголов, белый и пестрый толстолобики. Особое место в ихтиоцене озера занимают пелагические уклееподобные рыбы подсемейства *Cultrinae*. К ним относятся такие

ценные виды, как верхогляд, монгольский краснопер, малоценная, но очень многочисленная горбушка и непромысловые, но играющие важную роль в ихтиоцене востробрюшки. Уклееподобные в отдельные годы составляли до 85% от общего улова на Ханке. А одни из первых исследователей в 30-х годах прошлого века так и называли его «верхоглядным» [3].

ТИНРО-Центром с 1990 г. проводится мониторинг состояния запасов оз. Ханка с помощью различных подходов: оценивается динамика биологических характеристик популяций, сезонное распределение и миграции, данные промысловой статистики (величина вылова на усилие), состав, численность и распределение ихтиопланктона.

Озеро Ханка всегда играло важную роль в экономике и народном хозяйстве континентальной части Приморского края. Объемы добычи в разные годы значительно изменялись (рис. 3.7). Наибольшие уловы в Ханке зарегистрированы в 1931 г. — 1200 т [3]. В те годы интенсивно использовались закидные неводы.

После некоторого спада уловы заметно возросли в годы ВОВ и до середины 1950-х годов оставались стабильно высокими. Промысел велся ставными сетями и неводами. Надо отметить, что в этот период официальная статистика промысла, по-видимому, была наиболее достоверной. В последующие годы вплоть до начала 1990-х годов наблюдались достаточно стабильные уловы, хотя и несколько ниже, чем в предыдущий период. Возможно, официальная статистика уже тогда не совсем полностью отражала реальный вылов. В основном использовались капроновые сети, т.к. неводной лов с конца 1950-х годов был запрещен.

Все вышесказанное относится к российскому промыслу на озере. Однако около четверти этого водоема принадлежит КНР и интенсивно эксплуатируется китайскими рыбаками. В нашем распоряжении имеются официальные данные о добыче рыбы в провинции Хэйлунцзян с 1982 по 1989 г. Суммарный вылов советских и китайских рыбаков достигал, по нашим данным, 600 т рыбы и более (рис. 3.7), причем большая доля вылова китайцами производилась в центральной части озера, т.е. в советских водах.

В начале 1990-х годов в связи с изменившейся политической и экономической ситуацией интерес к освоению рыбных запасов озера стал неуклонно расти



Рис. 3.7. Динамика вылова рыбы по официальным данным и экспертная оценка реального вылова в оз. Ханка

и в 1995–1996 гг. количество только официальных пользователей на озере возросло до более чем 70 единиц, не считая браконьеров. В этих условиях, конечно, ни о какой достоверной официальной статистике не могло быть и речи. К тому же китайцами были изобретены сети с делью из лески, обладающие значительно большей уловистостью.

К середине 1990-х наши специалисты уже могли приблизительно оценивать степень влияния неконтролируемого промысла на ихтиофауну озера на основании сравнения данных нашей промысловой статистики с данными официальной отчетности и количеством разрешенных орудий лова. Расчеты показали, что данные официальной статистики занижены в степени от 15 до 44 раз. В этот же период увеличилась экспансия и китайских рыбаков в центральную часть озера вплоть до широты пос. Камень-Рыболов. Наши расчеты показали, что по самым скромным меркам в середине 1990-х годов общий объем добычи рыбы в озере составлял не менее 1200–1400 т [9].

Конечно, так долго продолжаться не могло, довольно быстро уловы стали падать, и в конце 1990-х гг. общий вылов, по нашим подсчетам, уже не превышал 400 т. Официальный вылов всеми заготовителями в 1998–2000 гг. не превышал 70–100 т. Как показали данные мониторинга (рис. 3.8), запасы основных промысловых рыб озера к 2000 г. оказались ниже минимального критического уровня, при котором дальнейшее снижение численности может привести к тому, что самовосстановление популяций может оказаться невозможным. Тогда же ТИНРО-Центром был поднят вопрос о срочном закрытии промысла на озере. Однако руководство Приморрыбвода настояло на продолжении промысла. В результате в 2001 г. официально было поймано менее 30 т рыбы и с 2002 г. на оз. Ханка был введен 5-летний запрет на промысел.

Полученные в ходе многолетнего мониторинга материалы позволили нам рассчитать оптимальный и минимальный критический запас основных промысловых и массовых видов рыб в оз. Ханка (рис. 3.8).

При оптимальном состоянии соотношение запасов промысловых рыб в озере выглядит следующим образом (рис. 3.9).

Как видим из рис. 3.9, не менее трети от запасов рыб в оз. Ханка составляют востробрюшки. Некоторые исследователи считают, что востробрюшки в ихтиоцене озера составляют около 50% от общего запаса всех видов рыб, а их биомасса по данным из разных источников оценивается от 2–7 до 15–17 тыс.т. Запас востро-

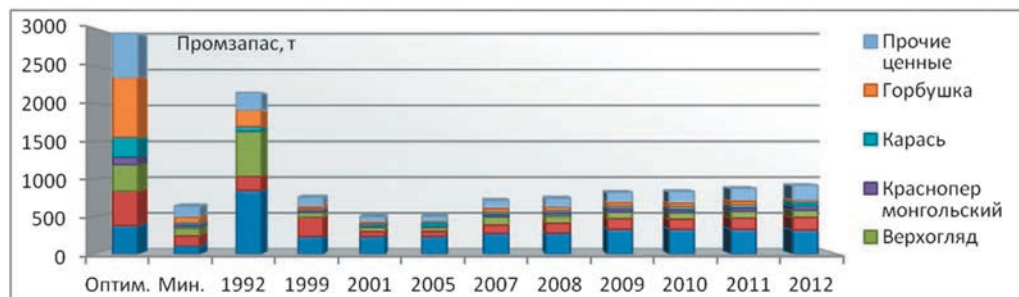


Рис. 3.8. Динамика соотношения промыслового запаса рыб оз. Ханка

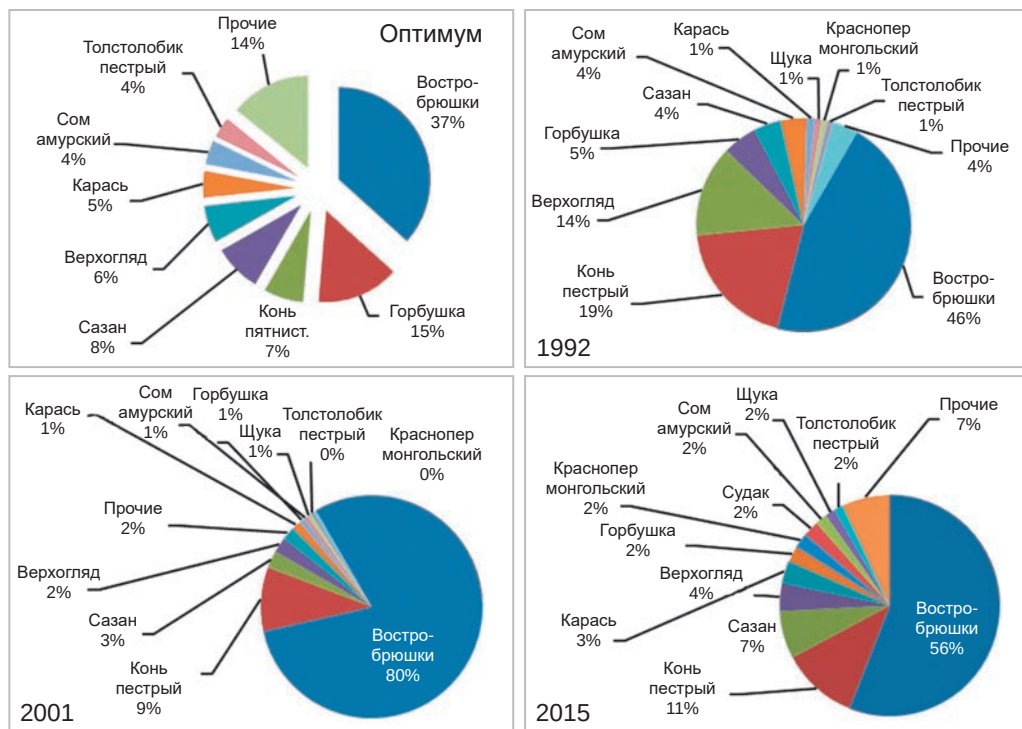


Рис. 3.9. Оптимальное соотношение промыслового запаса рыб оз. Ханка и соотношение промыслового запаса рыб оз. Ханка в 1992, 2001 и 2015 гг.

брюшки в озере относительно стабилен и может являться ориентиром при оценке динамики соотношения видов.

Среди традиционно промысловых рыб наибольшим запасом обладают малоценные, но многочисленные горбушка и конь пятнистый. Наиболее ценные промысловые виды составляют около 30% от общего запаса.

Значительный пресс промысла в конце 1990-х годов привел к изменению соотношения запасов рыб в озере (рис. 3.8, 2001 г.). Как видим, к этому времени только конь пятнистый, который ввиду малой ценности промыслом почти не осваивался, сохранил свое значение как ресурсообразующего вида на фоне значительного снижения запасов всех ценных видов. Надо отметить, что запас горбушки, также не осваиваемой промыслом, значительно снизился. По-видимому, в озере существует связь между численностью таких пелагических уклееподобных, как верхогляд, горбушка и востробрюшки. Возможно, что снижение численности верхогляда — основного потребителя востробрюшки, вызывает рост напряженности пищевых отношений между молодью горбушки и востробрюшки, результатом чего является снижение численности горбушки.

К настоящему времени мы оцениваем соотношение видов следующим образом (см. рис. 3.8, 2015 г.). Как видим, доля ценных рыб в общем запасе возросла по сравнению с 2001 г. почти вдвое (с 9,6 до 16,6%). Конь пятнистый продолжает

играть большую роль в общем запасе. Доля востробрюшек снизилась, однако их биомасса оценивается нами в 2000 т, в связи с чем в последние годы мы рекомендуем ее к промыслу.

Как видим, объем рыбных запасов озера не является стабильной величиной, а подвержен определенной цикличности, возникающей под действием изменений окружающей среды. При этом, по-видимому, изменения, произошедшие в последнее десятилетие в ихтиоценозе озера, связаны в первую очередь с интенсивным антропогенным влиянием. Однако нельзя не учитывать и влияние естественных абиотических факторов, обусловленных глобальными процессами, в частности особенностями гидрологии этого водоема, которые в совокупности с антропогенным прессом могут в короткое время привести к значительным перестройкам в ихтиоценозе.

Имеющиеся в нашем распоряжении количественные данные показывают, что за 85-летний период наблюдений отмечаются отдельные периоды квазисинхронных колебаний величины вылова с солнечной активностью и уровнем воды. При этом мы условно принимаем, что динамика величины вылова в общем отражает динамику общего запаса промысловых рыб (рис. 3.10).

Причем, как полагают некоторые авторы [5], солнечная активность положительно коррелирует с величиной уловов при смещении графика вылова влево на 5–6 лет, что обусловлено рождением наиболее урожайных поколений именно в годы с высокой активностью Солнца.

Анализ связи динамики уровня воды с уловами показывает практически полную синхронность этих графиков в период с 1930 до конца 1980-х годов. Так, в 1980-е годы на фоне естественного падения уровень воды в озере искусственно снижался в связи с забором больших объемов воды для заполнения рисовых систем. При этом интенсивность промысла также падала.

В начале 1990-х годов рост ННН вылова происходил на фоне подъема уровня воды, однако к концу этого десятилетия, когда уровень воды пошел на спад,

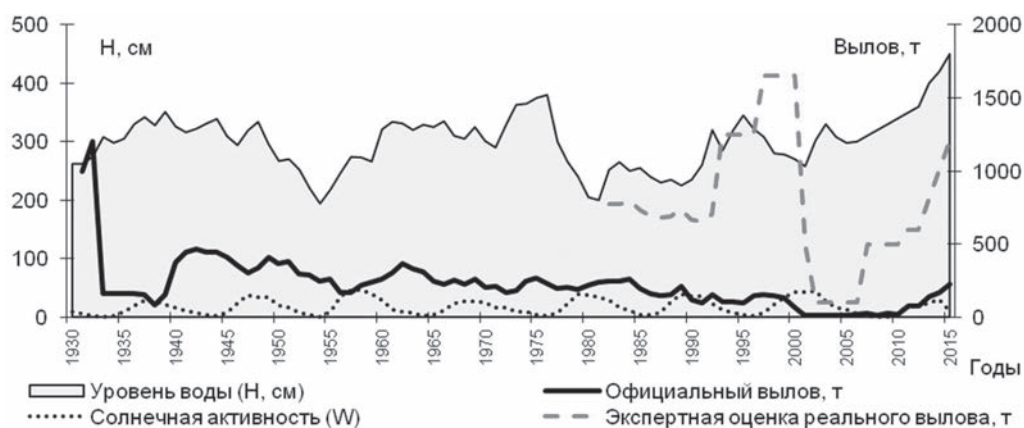


Рис. 3.10. Динамика вылова рыбы по официальным данным и экспертная оценка реального вылова на фоне изменений активности Солнца (по: [8] с дополнениями <http://www.agromage.com>) и долгопериодных колебаний уровня воды в озере Ханка (по: [2, 7] с дополнениями)

промысел продолжал расти и достиг максимальных значений именно в годы минимального для этого цикла уровня воды, что привело к катастрофическому снижению запасов ценных промысловых рыб.

В этих условиях введение запрета на промысел помогло не допустить снижения запасов ниже критического уровня. Однако резкого увеличения запасов к концу запрета не произошло. Во-первых, потому, что естественное восстановление — процесс длительный, а во-вторых, из-за сохранявшегося интенсивного неконтролируемого промысла, который, как известно, в условиях запрета может достигать промышленных масштабов.

Анализ динамики вылова на усилие (рис. 3.11) за период с запрета промышленного лова в оз. Ханка в 2002 г. до 2015 г. показал, что эта величина также подвержена некоей пока не ясной нам цикличности, но в целом прослеживается тенденция ее роста. Причем уловистость крупноячейных сетей к началу 2010-х годов снизилась и стабилизировалась на среднегодовом уровне, тогда как мелкоячейных возросла. Стабилизацию уловистости крупноячейных сетей на фоне роста уровня воды и запасов можно объяснить перераспределением промысловых скоплений в связи с изменением глубин, а рост вылова на усилие мелкоячейных сетей связан с появлением урожайных поколений в первую очередь фитофильных рыб (карась, конь).

В целом колебания уровня воды не могут воздействовать однозначно на все виды рыб. Анализ динамики уловов показывает, что между долгопериодными колебаниями уровня воды в озере и уловами щуки *Esox reichertii*, сома *Parasilurus asotus* и карася *Carassius auratus* наблюдается прямая связь. Для других фитофильных промысловых рыб (сазан) и пелагофильного верхогляда *Chanodichthys erythropterus* такая связь не прослеживается, и, как показано некоторыми авторами [5], наиболее благоприятными для их численности и роста являются годы со среднегодовым уровнем воды.

Итак, как показали исследования, наибольшее влияние на ихтиоцен оз. Ханка имеют долгопериодные колебания уровня воды и интенсивность промысла.

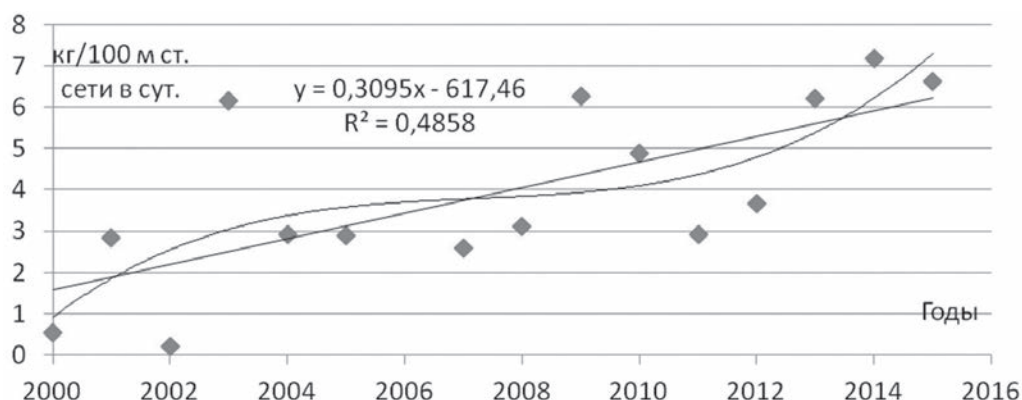


Рис. 3.11. Динамика вылова на усилие для ставных сетей (яч. 10–100 мм) в оз. Ханка

В настоящее время интенсивность промысла, особенно неофициального, растет. Однако анализ известных нам взаимосвязей абиотических факторов с динамикой запасов рыб позволяет предположить, что увеличение объема воды, и особенно площади мелководных разливов и затопленных низменностей, создают условия для возникновения урожайных, а может быть, и суперурожайных поколений ряда, в первую очередь фитофильных, рыб.

Таким образом, мы можем констатировать, что рост уровня воды положительно влияет на запасы рыб таким образом, что запасы рыб тем больше, чем выше уровень воды. С точки зрения рыбы и рыбаков нынешний подъем уровня воды в оз. Ханка является подарком судьбы, так сказать «манной небесной», и чем дольше это будет продолжаться, тем лучше они будут себя чувствовать.

В свете изложенного выше можно говорить о возможных путях снижения негативного воздействия повышения уровня воды в оз. Ханка. Анализ причин экстремального роста уровня воды в оз. Ханка в последние годы (см. разд. 1, подразд. «Анализ факторов неустойчивости...» в наст. моногр.) показал, что основной вклад в рост уровня вносит деятельность хорошо спланированных гидромелиоративных сооружений КНР, в первую очередь каналов, осуществляющих отведение вод р. Мулинхэ через оросительную систему в оз. Малая Ханка и сброс в оз. Ханка.

В этих условиях можно говорить о том, что уровень Ханки как вследствие естественных причин (период максимальной водности 25-летнего цикла), так и антропогенных факторов (гидромелиоративная стратегия КНР) будет оставаться высоким долгие годы (возможно, десятилетия).

В бассейне оз. Ханка существует обширная система искусственно заливаемых и осушаемых чеков, предназначенных для рисоводства площадью порядка 50 тыс. га. В настоящее время под рисоводство, а также другие культуры используется около половины этих площадей.

Неиспользуемые площади рисовых систем можно использовать под товарное рыбоводство. В годы с низким уровнем озера вода являлась фактором, лимитирующим эксплуатацию рисовых систем. В настоящее время заполнение водой площади рисовых систем в 20–30 тыс. га позволит несколько стабилизировать рост уровня воды за счет собственно объемов заполнения, а также расширения площади испарения. Но главное, даст возможность уже через 2–3 года получить объемы товарной рыбы, сравнимые и даже заметно превосходящие объемы промышленной добычи в Ханке. При минимальной продуктивности в 20–25 кг/га (а при интенсивных технологиях реально 100 кг/га и более) можно получать до 500 т и более рыбы в год. Соответствующие биологические обоснования могут быть разработаны специалистами ТИНРО-Центра.

Литература

1. Барабанщиков Е.И., Назаров В.А., Свирский В.Г. Фауна круглоротых и рыб озера Ханка // Известия ТИНРО. Т. 146. 2006. С. 97–110.
2. Глубоков В.Н. Гидролого-водохозяйственные аспекты экологического развития бассейна оз. Ханка // Проблемы сохранения водно-болотных угодий международного значения: озеро Ханка: труды международной научно-практической конференции, Спасск-Дальний, 1995. С. 108–111.
3. Каневец Д.Н., Розов В.Е. Озеро Ханка как рыбохозяйственная единица // Рыбное хозяйство Дальнего Востока. 1934. № 1–2. С. 71–78.

4. Новомодный Г.В. Предварительные результаты современных исследований разнообразия рыб в бассейне реки Амур: видовой состав на рубеже XX–XXI веков // Биоразнообразие рыб пресных вод реки Амур и сопредельных территорий: материалы Первой международной конференции. Хабаровск: Магеллан, 2004. С. 97–114.
5. Пильщиков В.В. Влияние некоторых абиотических факторов на рост, численность и величину вылова рыб в оз. Ханка. Биологические ресурсы внутренних водоемов Сибири и Дальнего Востока. М.: Наука, 1984. С. 209–216.
6. Свирский В.Г., Барабанщиков Е.И. Биологические инвазии как элемент антропогенного давления на сообщество гидробионтов озера Ханка // Российский журнал биологических инвазий. 2009. № 2. С. 29–36.
7. Семькина Г.И. Обзор состояния и загрязнения озера Ханка по материалам государственной сети наблюдений за загрязнением окружающей среды // Проблемы сохранения водно-болотных угодий международного значения: озеро Ханка: труды второй международной научно-практической конференции 10–11 июня 2006 г. Владивосток, 2006. С. 190–200.
8. Чистяков В.Ф. Физические вариации Солнца и его активность // Известия ТИНРО. 1997. Т. 122. С. 40–71.
9. Шаповалов М.Е. Влияние промысла и других факторов на состояние рыбных запасов озера Ханка в XX веке // Рыбное хозяйство. 2001. № 1. С. 39–40.

ПРЕСНОВОДНАЯ БИОТА БАССЕЙНА ОЗЕРА ХАНКА И ОЦЕНКА УГРОЗ, СВЯЗАННЫХ С НАРУШЕНИЕМ ВОДНОГО БАЛАНСА

Озеро Ханка и водные объекты его бассейна уникальны в отношении биологического разнообразия. Озеро является самым крупным водоёмом российского Дальнего Востока, высокопродуктивным и по количеству обитающих видов рыб превосходит все крупнейшие озера Российской Федерации, включая Каспийское море и оз. Байкал [10].

При огромной площади озера (4070 км² при среднем уровне воды) в нём преобладают глубины 1–3 м, наибольшая — 10,6 м. В озеро впадают 24 реки, из них самые крупные — Илистая, Мельгуновка, Комиссаровка; вытекает р. Сунгача, которая является притоком Уссури (бассейн Амура). Через р. Сунгача и р. Уссури, а также благодаря древним историческим связям оз. Ханка связано с р. Амур, что находит отражение в сходстве биоты, наличии в его составе представителей древней речной системы палео-Амура.

Обилие разнообразных ландшафтов от горных и холмистых (область отрогов Восточно-Маньчжурских гор), на которых расположены верховья водотоков северо-западного, западного и юго-западного Приханковья, до равнинных — охватывающих южную и юго-восточную часть бассейна и лежащих в пределах Приханкайской равнины и к востоку — в отрогах западного Сихоте-Алиня, обусловило высокое разнообразие пресноводной флоры и фауны. Высокопродуктивные экосистемы бассейна характеризуются большим числом ценных видов растений и животных, многие из которых имеют большое хозяйственное значение.

Благодаря усилиям российских учёных оз. Ханка в конце 1970-х было признано природным объектом не только национального, но и международного значения, что закреплено подписанием и ратификацией трех международных конвенций: Рамсарской (1976 г.), Советско-Японской (1973 г.) и Советско-Корейской (1987 г.).

После этого в августе 1990 г. с целью сохранения уникального биоразнообразия и ландшафтов оз. Ханка был создан заповедник «Ханкайский», который в 2005 г. в рамках программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» получил статус биосферного резервата ЮНЕСКО. В задачи заповедника были включены: сохранение и изучение естественного хода природных процессов и явлений, генетического фонда растительного и животного мира, отдельных видов и сообществ растений и животных, типичных и уникальных экологических систем юга Дальнего Востока. В настоящее время заповедник состоит из 5 отдельно расположенных территориальных кластеров, заповедное ядро составляет 39 289 га, охранный (буферный зона) — 75 510 га, зоны сотрудничества — 15 8400 га.

Начало исследованиям уникальной биоты оз. Ханка было положено ещё в дореволюционный период Н.М. Пржевальским, но интенсивные исследования, приносящие каждый год новые находки, продолжаются до сих пор.

Историю исследований пресноводной биоты можно разделить на несколько основных этапов:

I. Дореволюционный период (конец XIX—начало XX в.):

- 1867—1869 гг.: экспедиции под руководством выдающегося российского путешественника и натуралиста Н.М. Пржевальского. В 1867 г. Пржевальский по р. Уссури дошел до казачьего пос. Буссе, потом — до оз. Ханка, где собрал богатый орнитологический материал и данные по многим группам растений и животных. Весной 1868 г. он вновь работал в бассейне оз. Ханка, где собирал материал по ханкайской биоте и проводил этнографические наблюдения. Результаты его исследований были изложены им в работах «Об инородческом населении в южной части Приамурской области» и «Путешествие в Уссурийском крае».

- 1887, 1911—1915 гг.: проводились общие исследования флоры и фауны В.К. Солдатовым с акцентом на ихтиофауну озера и его бассейна. Результаты отражены в его монографии «Рыбы и рыбный промысел» [28].

- 1902 г.: в этом году свою первую экспедицию к Ханке совершил В.К. Арсеньев.

- 1909—1915 гг.: под руководством А.И. Черского, известного ученого-исследователя Дальнего Востока, проведено две экспедиции на оз. Ханка. По энтомологическим коллекциям А.И. Черского указано много новых находок и новых видов насекомых, а его «Дневник наблюдений...», опубликованный в «Записках общества изучения Амурского края» [31] — удивительное свидетельство о состоянии природы «той Ханки», которую уже невозможно вернуть.

II. Первая половина XX в. (после революции и до начала Великой Отечественной войны)

- 1924 г.: проведение Южно-Ханкайской ботанической экспедиции под руководством Е.Н. Клобуковой-Алисовой.

- 1927 г.: Дальневосточная гидрофаунистическая экспедиция Зоологического музея АН СССР под руководством П.Д. Резвого.

- 1929 г.: исследование водорослей из отдела Bacillariophyta (на южном, юго-западном и западном побережьях оз. Ханка) Б.В. Скворцовым [27].

- 1929—1935 гг.: экспедиция Дальневосточного филиала АН СССР ТИНРО.

- 1931–1937 гг.: Ханкайская экспедиция ТИРХ и ДВ филиала АН СССР под руководством В.Е. Розова и Д.Н. Каневца, в которой принимали участие А.Т. Булдовский, В.Д. Гордеев, Л.В. Микулич.
- 1931–1932 гг.: Ханкайская экспедиция ТИНРО и ДВ филиала АН СССР под руководством А.Т. Булдовского и В.Д. Гордеева.
- 1935 г.: организация ДВ филиалом АН СССР гидробиологической станции на оз. Ханка (в р-не пос. Астраханка).
- 1935 г.: экспедиция ДВ филиала АН СССР ТИНРО.
- 1935–1936 гг.: сборы сотрудников Ханкайской гидробиологической станции ДВ филиала АН СССР (в р-не пос. Астраханка).
- 1937 г.: исследование водорослей А.Г. Хахиной на южном и юго-западном побережье оз. Ханка [30].

III. Период с 1945 до 1971 г. (до образования ДВНЦ АН СССР)

- 1945–1949 гг.: Амурская ихтиологическая экспедиция Зоологического института и Лаборатории ихтиологии Московского университета под руководством Г.В. Никольского.
- 1949–1950 гг.: сборы сотрудников Института географии АН СССР.
- 1952 г.: экспедиция ТИНРО под руководством Л.В. Микулича.
- 1952–1953 гг.: исследование ископаемых и современных водорослей из отдела Bacillariophyta (западное побережье оз. Ханка) [12, 13, 21].
- 1958–1960 гг.: исследование водорослей из отделов Cyanophyta, Bacillariophyta, Chlorophyta (южное, юго-западное и западное побережье оз. Ханка) В.В. Журкиной [14–16].
- 1960–1964 гг.: сборы энтомологов ДВ филиала СО АН СССР (сборщик Н. Синчилина) в Спасском районе.

IV. Период с 1970 до 1989 г. (после образования ДВНЦ АН СССР до образования заповедника «Ханкайский»)

- 1970–1974 гг.: ихтиологическая экспедиция Дальневосточного государственного университета под руководством В.Г. Свирского.
- 1972–1988 гг.: спорадические сборы водных беспозвоночных с акцентом на амфибиотических насекомых сотрудниками Биолого-почвенного института:
 - 1972 г.: В.А. Нечаев – в бас. р. Комиссаровка;
 - 1973, 1977, 1985–1986 гг.: Т.С. Вшивкова – в районе поселков Астраханка и Хороль;
 - 1980 г.: Г.О. Криволуцкая, Н.А. Мороз – в окрестностях пос. Барабаш-Левада;
 - 1982 г.: Е.А. Макаrenchенко – бас. р. Комиссаровка;
 - 1987 г.: В.А. Тесленко – бас. р. Комиссаровка;
 - 1988 г.: Т.М. Тиунова – рр. Комиссаровка, Спасовка.

V. Период со времени образования заповедника «Ханкайский» (1990 г.) по настоящее время

- с 1990 по 1993 г. спорадические сборы водных беспозвоночных и амфибиотических насекомых в различных районах оз. Ханка и на его притоках (в основном

на территориях созданного заповедника «Ханкайский») проводились сотрудниками лабораторий энтомологии и пресноводной гидробиологии Биолого-почвенного института ДВО РАН А.А. Борком, А.А. Булавским, Т.С. Вшивковой, Т.И. Лукьянченко, Е.А. Макаренченко, В.А. Тесленко, Т.М. Тиуновой, С.К. Холиным.

- с 1994 г. сотрудниками лаборатории пресноводной гидробиологии БПИ ДВО РАН Т.С. Вшивковой и Т.В. Никулиной положено начало планомерным исследованиям пресноводного бентоса. В период с 1994 по 1998 г. была организована серия комплексных экспедиций по побережью Ханки, инициированных и поддержанных администрацией заповедника «Ханкайский» как в финансовом отношении, так и транспортном (машина, лодки) с обеспечением проживания на базе и кордонах заповедника. Было установлено около 30 постоянных станций отбора проб (рис. 3.12), на которых сборы производились в разные сезоны с поздней весны до осени. С этого времени начинает осуществляться биологический мониторинг экологического состояния оз. Ханка с целью классификации районов бассейна по фактору антропогенного загрязнения, производится оценка качества вод по показателям перифитона и макрозообентоса [6, 7].

В этот период интенсифицируются исследования на территориях кластеров заповедника «Ханкайский».

Продолжаются исследования альгофлоры. На основании сборов 1992–1993 гг. сотрудники ТИНРО и Института биофизики СО РАН Л.А. Щур, А.Д. Апонасенко, В.Н. Лопатин, С.В. Филимонов, В.А. Назаров опубликовали ряд статей [32–34,

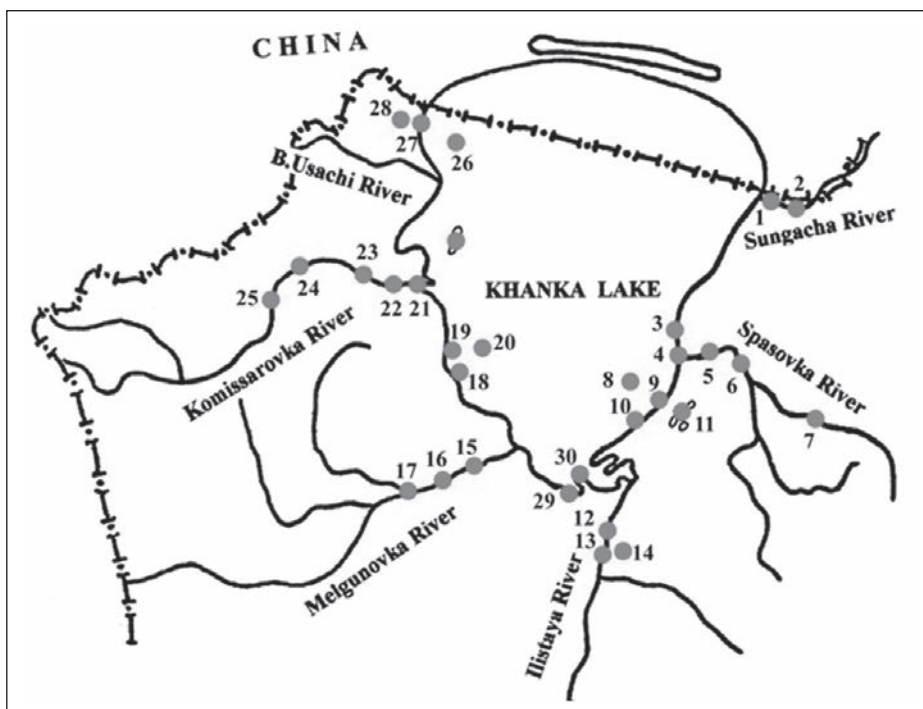


Рис. 3.12. Карта-схема станций отбора проб программы биологического мониторинга

37]; С.И. Генкал и Л.А. Щур [9, 35, 36] проводят исследование водорослей по всей акватории оз. Ханка и на его основных притоках.

С 1995 г. по настоящее время продолжается изучение видового разнообразия альгофлоры и биологии отдельных видов водорослей бассейна оз. Ханка, особое внимание уделяется обследованию территории заповедника «Ханкайский». Сотрудниками Биолого-почвенного института ДВО РАН — Т.В. Никулиной, Лимнологического института СО РАН и Института водных и экологических проблем ДВО РАН — Е.В. Лихошвай, М.В. Усольцевой, Г.И. Поповской, Э.И. Лосевой, Д.Н. Юрьевым опубликован ряд работ по альгофлоре озера [19, 22, 23, 29, 39, 40].

Различные группы водных беспозвоночных изучаются следующими специалистами: остракоды — Е.И. Шорниковым [41, 42], зоопланктон — Е.И. Барабанщиковым, Б.П. Кожевниковым [1, 18]; паразиты рыб — А.В. Ермоленко [11]; моллюски — В.В. Богатовым [17] и Л.А. Прозоровой [24, 25, 26]; амфибиотические насекомые — водными энтомологами БПИ ДВО РАН [4, 5].

Сведения об амфибиях и рептилиях бас. оз. Ханка обобщаются и пополняются И.В. Масловой [20].

Результаты многолетних исследований ихтиофауны, а также информация по промысловым видам беспозвоночных оз. Ханка сведены в монографиях: Н.Г. Бугуцкой и А.М. Насеки [3], Е.И. Барабанщикова и др. [2] и А.А. Горяинова и др. [10], А.А. Горяинова, Е.И. Барабанщикова и М.Е. Шаповалова «Рыбохозяйственный атлас оз. Ханка» [10], приведены в монографии Е.И. Барабанщикова и др. [2].

Международные экспедиции

Следует отметить вклад международных научно-исследовательских экспедиций, осуществленных в этот период:

1994 г. — экспедиция в районы пос. Камень-Рыболов и с. Дворянка: Т.С. Вшивкова, С.Л. Кочарина (БПИ ДВО РАН) и проф. J.C. Morse (Клемсоновский университет, Южная Каролина, США).

1998 г. — комплексная экспедиция по западно-юго-восточным акваториям озера, организованная Т.С. Вшивковой, Т.В. Никулиной (БПИ ДВО РАН) и проф. J.C. Morse (Клемсоновский университет, Южная Каролина, США). В состав экспедиции входили специалисты БПИ ДВО РАН по различным группам животных и растений: А.Б. Холина (реликтовые растения Ханки), С.К. Холин (наземные насекомые), О.В. Зорина (водные насекомые), П.Ю. Иванов (стрекозы), И.В. Маслова (амфибии, рептилии) и др.

2011–2014 гг.: была осуществлена серия экспедиций в рамках международной грантовой программы CRDF-FEB RAS «Trichoptera Biodiversity in Russian Far East and Siberia (East Palaearctic): Biogeography, Phylogeny, Evolution, and Use in Freshwater Biomonitoring», в которой приняли участие 18 специалистов из 8 стран. В основном отбирались пробы водных беспозвоночных.

Результаты международных экспедиций частично опубликованы в ряде статей [8, 38, 44]; неопубликованные материалы готовятся к печати.

Значительный материал, полученный в результате экспедиций, проведённых в разные годы, был проанализирован и опубликован в ряде статей. В целях обобщения этой обширной информации в 1999 г. по инициативе Т.С. Вшивковой и Т.В. Никулиной была создана Рабочая группа по подготовке коллективной монографии по пресноводной биоте бассейна оз. Ханка, определены авторы глав, подготовлены видовые списки. Однако работы по изданию монографии были приостановлены по различным причинам и многие материалы остались до сих пор неопубликованными. В 2016 г. Рабочая группа вновь приступила к подготовке монографии по пресноводной биоте озера Ханка и его бассейна. Основываясь на результатах уже изданных научных работ, обновлены систематические списки, согласно которым таксономический состав водорослей бас. оз. Ханка представлен 546 разновидностями и формами (табл. 3.15), фаунистический список беспозвоночных включает 864 видов (с учетом паразитических червей), позвоночных — 455 видов (табл. 3.16).

Следует учитывать, что материал по распространению видов в пределах бассейна озера основывается на «допотопных» данных до 2015 г. После продолжающегося поднятия воды в озере, начавшегося в 2014 г., многие крупные представители фауны (птицы, амфибии) потеряли места своего обитания, изменились и растительные прибрежные сообщества, так как большинство прежних стабильных биотопов затоплено, а новые — не соответствуют биологическим и экологическим потребностям видов животных, обитающих в прибрежьях.

В заключение следует сказать, что в результате интенсивных исследований пресноводной биоты до 2014 г. получены обширные данные по составу и распределению флоры и фауны бассейна оз. Ханка. В фондах лаборатории пресноводной гидробиологии БПИ ДВО РАН находятся:

— объёмная информация по видовому составу пресноводной биоты «допотопного» периода;

Таблица 3.15. Таксономический состав водорослей бассейна оз. Ханка

Отделы	К о л и ч е с т в о				%
	родов	видов	разновидностей и форм	новых находок*	
Cyanophyta (Cyanoprokaryota, Cyanobacteria)	24	54	62	15	24,2
Euglenophyta	3	16	17	8	47
Cryptophyta	2	4	4	—	—
Chrysophyta	8	13	13	—	—
Dinophyta	2	2	2	—	—
Bacillariophyta	36	123	274	46	16,8
Xanthophyta	3	4	4	2	50
Chlorophyta	64	163	170	72	42,3
ВСЕГО	140	379	546	143	26,2

* Здесь и в табл. 3.16 новые находки для бассейна оз. Ханка.

Таблица 3.16. Таксономический состав водных беспозвоночных и водных и околотоводных позвоночных бассейна оз. Ханка

Таксоны	К о л и ч е с т в о				%
	семейств	родов	видов	новых находок*	
INVERTEBRATA					
Porifera	1	1	3	—	
Planaria	1	1	1	—	
Rotatoria (Rotifera)	17	29	68		
Nematoda	18		31		
Oligochaeta	4	3	42		
Cestoda*			27		
Aspidogastrea*	1	1	1		
Digenea*			44		
Acantocephales*			3		
Hirudinea	4	8	12		
Mollusca	15	28	84	34	50
Cladocera	9	26	48		
Copepoda	6	11	12		
Ostracoda	7	24	77	72	98,6
Isopoda	1	1	1	—	
Amphipoda	1	1	1	—	
Decapoda	2	4	6	1	
Hydracarina	10	14	43		
Insecta					
<i>Ephemeroptera</i>	10	20	31	19	61,3
<i>Odonata</i>	8	19	28	18	64,3
<i>Plecoptera</i>	8	22	27	19	70,4
<i>Heteroptera</i>	12	17	34		
<i>Coleoptera</i>	7	15	20		
<i>Neuroptera</i>	1	2	2	2	100
<i>Megaloptera</i>	1	1	1	1	100
<i>Trichoptera</i>	20	47	106	52	49
<i>Lepidoptera</i>	1	1	1	—	
<i>Diptera</i>	7	54	110		
из них (<i>Chironomidae</i>)	1	48	98	24	35
ВСЕГО беспозвоночных			864		
VERTEBRATA					
Amphibia	4	4	7	—	—
Reptilia	1	1	1	—	—
Birds			360 (144 околотоводные)		
Fish			87		
ВСЕГО позвоночных			455 (144 околотоводных птиц)		

* Паразитические черви.

- данные по структуре донных сообществ на изученных участках озера и при-токов;

- результаты оценки качества вод бассейна, проведённые на основе качественных и количественных показателей бентоса;

- данные по численности и биомассе, по типам сообществ, выделенных по структурным (качественным и количественным) показателям, и другая важная информация об альгофлоре, растительности и фауне озера.

Обширные материалы сборов и наблюдений находятся в других лабораториях БПИ, а также научных и природоохранных организациях края, проводивших многолетние исследования на озере: ТИНРО-Центре, Приморрыбводе и др.

Основываясь на фоновых исследованиях прежних лет, следует провести сравнительный анализ прежнего и современного состояния биоты бассейна оз. Ханка и выявить изменения, произошедшие в составе и структуре сообществ после затопления постоянных мест обитания, понять адаптивные тренды, сложившиеся в период затопления прибрежных территорий. Гидрологические и гидробиологические наблюдения должны выполняться одновременно и на одних и тех же площадках, тогда понимание проблемы затопления прибрежных территорий и изменения, происходящие на них, станут более понятными, а полученные данные мониторинга — более полными.

В связи с принятием решений в рамках ФЦП «Развитие хозяйственного комплекса РФ в 2012–2010 гг.» по теме «Научные исследования по изучению гидрологических особенностей водного режима оз. Ханка в целях определения причин аномального повышения уровня воды и выработки научно обоснованных предложений по регулированию уровня воды в озере, формированию комплекса мер по снижению негативного воздействия» по созданию более десятка гидрологических наблюдательных пунктов — мы считаем, что следует обратить внимание и на мониторинг состояния биоты в бассейне озера. Мы предлагаем обратиться в соответствующие природоохранные организации с нижеследующими предложениями и также обсудить их на 10-м Международном форуме «Природа без границ».

1. Разработать комплексную программу гидрологического и гидробиологического мониторинга по реперным точкам в бассейне оз. Ханка.

2. Провести сравнительные исследования изменения состава и структуры сообществ пресноводной биоты озера, чтобы установить тренд изменений в водных сообществах и оценить степень их модификации, проследить время их восстановления.

3. Обсуждая угрозы, связанные с изменением водности озера, в список проблем для более глубокого изучения следует включить проблемы изменения кормовой базы (в частности, бентоса), возникающие в неординарных условиях, и разработать прогностические модели, позволяющие оценить колебания количественных показателей бентоса, являющегося основным пищевым ресурсом бентосоядных рыб и других водных обитателей (птиц, млекопитающих).

4. Вернуться к подготовке монографии по биоте бассейна оз. Ханка на основе фоновых данных и новых материалов, по современному состоянию биоты.

Литература

1. Барабанщиков Е.И. Зоопланктон оз. Ханка: дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2004. 215 с.
2. Барабанщиков Е.И., Назаров В.А., Свирский В.Г. Фауна круглоротых и рыб оз. Ханка // Изв. ТИНРО. 2006. Т. 146. С. 97–110.
3. Богуцкая Н.Г., Насека А.М. Круглоротые и рыбы бассейна озера Ханка: аннотированный список видов с комментариями по их таксономии и зоогеографии региона // Науч. тетради. СПб.: Изд-во ГосНИОРХ. 1996. Вып. 3. 89 с.
4. Вшивкова Т.С. Фауна ручейников бассейна оз. Ханка (Insecta, Trichoptera) // Проблемы сохранения водно-болотных угодий международного значения: оз. Ханка: тр. междунар. науч.-практ. конф. Спасск-Дальний, 1995. С. 80–85.
5. Вшивкова Т.С. Амфибиотические насекомые бассейна оз. Ханка // Дальневост. конф. по заповед. делу. 7-я. Биробиджан, 2005. С. 65–68.
6. Вшивкова Т.С., Никулина Т.В., Канюкова Е.В., Макаренченко М.А., Прозорова Л.А., Тесленко В.А., Тиунова Т.М. Исследования пресноводной флоры и фауны бассейна оз. Ханка // Тез. докл. III Дальневосточной конф. по заповед. делу. Владивосток: Дальнаука, 1997. С. 24–25.
7. Вшивкова Т.С., Никулина Т.В., Макаренченко Е.А., Макаренченко М.А., Зорина О.В. Проблемы и перспективы гидробиологических исследований в бассейне оз. Ханка // Материалы I Междунар. конф. «Россия и Китай – интеграция в сфере экономики, науки и образования». 26–28 мая 1998 г. Биробиджан (Россия). 1998. Ч. IV. С. 52–59.
8. Вшивкова Т.С. Ручейники (Insecta: Trichoptera) Западного Приханковья (Пограничный и Ханкайский районы, Приморский край) // Жизнь пресных вод. 2016. Т. 2.
9. Генкал С.И., Шур Л.А. Новые данные к флоре Bacillariophyta оз. Ханка (Приморский край, Россия) // Альгология. 2000. Т. 10, № 3. С. 278–281.
10. Горяинов А.А., Барабанщиков Е.И., Шаповалов М.Е. Рыбохозяйственный атлас оз. Ханка / ТИНРО. Владивосток: ТИНРО-центр, 2014. С. 205.
11. Ермоленко А.В. Особенности фауны паразитов рыб бассейна оз. Ханка // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Владивосток: Дальнаука, 2003. Вып. 2. С. 550–554.
12. Жузе А.П. К истории диатомовой флоры оз. Ханка // Материалы по геоморфологии и палеогеографии: тр. Ин.-та географии АН СССР. 1952. Вып. 51. № 6. С. 226–252.
13. Жузе А.П. Ископаемая и современная флора диатомовых оз. Ханка // Материалы по физической географии юга Дальнего Востока. М.: Изд-во АН СССР, 1953. С. 153–171.
14. Журкина В.В. Водоросли оз. Ханка // Тез. докл. на сессии Совета ДВФ АН СССР по итогам науч. исслед. за 1957 г. Владивосток, 1958. С. 56–57.
15. Журкина В.В. О фитопланктоне оз. Ханка // Сообщ. ДВФ СО АН СССР. 1959. Вып. 11. С. 85–90.
16. Журкина В.В. Озеро Лебехе и его фитопланктон // Сообщения ДВФ СО АН СССР. 1960. Вып. 12. С. 103–105.
17. Затравкин М.Н., Богатов В.В. Крупные двусторчатые моллюски пресных и солоноватых вод Дальнего Востока СССР: определитель. Владивосток: ДВО АН СССР, 1987. 152 с.
18. Кожевников Б.П., Барабанщиков Е.И. Состав и сезонная динамика численности и биомассы зоопланктона в пелагиали оз. Ханка // Тр. Междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы сохранения водно-болотных угодий международного значения: оз. Ханка». Спасск-Дальний, 1995. С. 78–79.
19. Лихошвай Е.В., Усольцева М.В., Поповская Г.И., Воробьева С.С., Никулина Т.В., Лосева Э.И. Споры Aulacoseira (Bacillariophyta) из современных водоемов и осадков разного времени формирования // Бот. журн. 2004. Т. 89, № 1. С. 60–72.
20. Маслова И.В. Амфибии и рептилии // Позвоночные животные заповедника «Ханкайский» и Приханкайской низменности. Владивосток: ООО РИЦ «Идея», 2006. С. 67–76.
21. Никольская В.В. Некоторые данные по палеогеографии оз. Ханка // Материалы по геоморфологии и палеогеографии СССР: тр. Ин.-та географии АН СССР. 1952. Вып. 51, № 6. С. 215–225.
22. Никулина Т.В. Водоросли заповедника «Ханкайский» (Приморский край) // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 2. Владивосток: Дальнаука, 2003. С. 263–271.
23. Никулина Т.В. К видовому разнообразию водорослей Государственного природного биосферного заповедника «Ханкайский» (альгофлора оз. Ханка в районе кордона «Лузанова сопка») // Проблемы сохранения водно-болотных угодий международного значения: оз. Ханка: тр. Второй междунар. науч.-практ. конф. Владивосток: ООО РИЦ «Идея», 2006. С. 8–21.

24. Прозорова Л.А. Аннотированный список водных моллюсков бассейна оз. Ханка // Бюл. Дальневост. малакол. об-ва. 2000. Т. 4. С. 10–29.
25. Прозорова Л.А. Редкие и исчезающие виды моллюсков заповедника «Ханкайский» // Проблемы сохранения водно-болотных угодий международного значения: оз. Ханка: тр. II Междунар. науч.-практ. конф. Владивосток, 2006. С. 40–48.
26. Саенко Е.М., Прозорова Л.А. Пресноводные двустворчатые моллюски (*Bivalvia: Unionidae*) заповедника «Ханкайский» // Проблемы сохранения водно-болотных угодий международного значения: оз. Ханка: тр. II Междунар. науч.-практ. конф. Владивосток, 2006. С. 49–56.
27. Скворцов Б.В. Материалы по изучению водорослей Приморской губернии. Диатомовые водоросли оз. Ханка // Записки Южно-Уссурийского отделения Государственного Русского географического общества. Владивосток, 1929. Вып. 3. 75 с.
28. Солдатов В.К. Рыбы и рыбный промысел. 1928.
29. Усольцева М.В., Никулина Т.В., Юрьев Д.Н., Лихошвай Е.В. К изучению развития и морфологических особенностей *Aulacoseira islandica* (O. Muller) Simonsen (*Bacillariophyta*) // Альгология. 2006. Т. 16. № 2. С. 145–155.
30. Хахина А.Г. Горизонтальный фитопланктон Астраханского залива оз. Ханка (предварительное сообщение) // Вестник ДВФ АН СССР. 1937. № 24. С. 41–51.
31. Черский А.И. Дневник наблюдений над природой, веденный с 8 марта по 20 октября 1911 г. в долине верхнего течения р. Одарки (бассейн оз. Ханка, близ дер. Н.-Владимировки, Иманского уезда Приморской области) // Зап. Об-ва изучения Амур. края. Владивосток, 1915. Вып. 14.
32. Щур Л.А., Апонасенко А.Д., Лопатин В.Н., Филимонов В.С. К характеристике фитопланктона бассейна оз. Ханка (Приморский край, Россия) // Альгология. 1995. Т. 5, № 2. С. 166–173.
33. Щур Л.А., Апонасенко А.Д., Лопатин В.Н., Филимонов В.С. Оценка качества воды оз. Ханка по некоторым биологическим показателям // Вод. ресурсы. 1997. Т. 24, № 1. С. 74–78.
34. Щур Л.А., Апонасенко А.Д., Лопатин В.Н., Филимонов В.С., Назаров В.А. Бактерио- и фитопланктон оз. Ханка (Приморский край) // Известия Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра. Биология и условия обитания гидробионтов северо-западной части Японского моря. 2000. Т. 127, Ч. II. С. 569–589.
35. Щур Л.А., Генкал С.И. К вопросу о размерной структуре фитопланктона (*Bacillariophyta*) оз. Ханка // Морфология, экология и биогеография диатомовых водорослей: тез. докл. VIII школы диатомологов России и стран СНГ, Борок, 16–19 сент. 2002 г. Ярославль, 2002. С. 6–7.
36. Щур Л.А., Генкал С.И. Размерная структура *Bacillariophyta* планктона оз. Ханка // Биол. внутр. вод. 2005. № 1. С. 49–56.
37. Aponasenko A.D., Shchur L.A., Filimonov V.S., Lopatin V.N. Peculiarities of dispersed structure of ecosystem of loess water bodies (as example Khanka lake) // Int. Ecol. Congr.: Proc. and Abstr. Sec. «Sciences and Environmental», Voronezh, Sept. 22–28, 1996. Voronezh; Manhattan, 1996. P. 102–103.
38. Morse J.C., Tanida K., Vshivkova T.S. The Caddisflies (*Trichoptera*) Fauna of Four Great Asian Lakes: Baikal, Hovsgol, Khanka, Biwa // Proceeding of the First Joint Meeting and Symposium of Aquatic Entomologists' Societies in East Asia (AESEA Meeting), May 17–20, 2000, Chiaksan, Korea. Chiaksan, 2001. P. 97–116.
39. Nikulina T.V. New records of algae from Khanka Lake basin (Primorsky region, Russia) // Abstracts of the III International Symposium: Ancient lakes: speciation, development in time and space, natural history. Irkutsk, Russia. September 2–7, 2002. P. 122.
40. Nikulina T.V. Green (*Chlorophyta*) and bluegreen (*Cyanophyta*) algae of the Khanka Lake basin // Abstracts of the symposium «Phytogeography of Northeast Asia: tasks for the 21st century». July 21–25, 2003, Vladivostok, Russia. P. 65.
41. Schornikov E.I. Ostracods of the Khanka Lake Basin // Progr. and Abstr. 11th Intern. Symp. on Ostracoda, Warnambool, Victoria, Australia, 1991. P. 78.
42. Schornikov E.I. UNEP/CRAES/PGI: Diagnostic Analysis of the Lake Xingkai/Khanka Basin. UNEP, Nairobi, 2001. P. 49–50, 73.
43. Usoltseva M.V., Nikulina T.V., Yuryev D.N., Likhoshway Ye.V. Rimoportulae of the sporulating *Aulacoseira islandica* (O. Mull.) Sim. (*Bacillariophyta*) from the water bodies of Siberia and the Far East // Abstracts of the Intern.I Symposium: «The living diatom cell. 100 years A.P. Skabichevsky Memorial», Sep. 17–22, 2004. Irkutsk, Russia. P. 104–105.
44. Vshivkova T.S., Nikulina T.V., Makarchenko M.A., Makarchenko E.A., Zorina O.V., Ivanov P.Y. Problems and perspectives of hydrobiological investigations in Khanka Lake // Russia and China: integration in sphere of economy, science and education: I International Conference. Birobidzhan, 1998. P. 52–59.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СОЕВОЙ ЦИСТООБРАЗУЮЩЕЙ НЕМАТОДЫ *HETERODERA GLYCINES* ICHINONE, 1952 В ПРИХАНКАЙСКОЙ РАВНИНЕ (ХАНКАЙСКИЙ РАЙОН)

В Российской Федерации соевая нематода обнаружена в Амурской области [2] и Приморском крае. По Амурской области имеются данные о вредоносности нематоды в отдельных хозяйствах и общие сведения о широком распространении ее на посевах в области. Впервые в Приморском крае этот паразит был выявлен на опытном участке монокультуры сои в 1977 г. Государственной инспекцией по карантину растений. Сейчас соевая цистообразующая нематода отнесена к одному из опаснейших возбудителей болезни культуры в условиях Приморского края.

По результатам работ, проведенных сотрудниками лаборатории фитонематологии Биолого-почвенного института Дальневосточного отделения РАН, на территории Приморья было обследовано 140 тыс. га пашни и выявлено более 300 очагов заболевания культуры на общей площади свыше 50 тыс. га. Результаты проведенной работы выявили широкую распространенность нематоды в регионе возделывания сои, высокую плотность популяции в почве (до 60 тыс. личинок в 100 г), и это говорит о том, что соевая цистообразующая нематода является одной из главных причин получения низких урожаев сои в отдельных хозяйствах края [1]. Вероятно, цисты были завезены из стран Юго-Восточной Азии (Корея, Китай, Япония), где соевая нематода является одним из основных вредных объектов, как и в США. Нами было изучено распространение соевой нематоды в западных районах края, степень зараженности полей в отдельных хозяйствах и жизненный цикл паразита в условиях Приморья. Но чтобы принимать какое-либо решение в борьбе с нематодой, необходимо не интуитивно определять, а точно знать размер ущерба, причиняемого нематодой, и, соответственно, затраты на борьбу с ней.

Изучение биологии соевой цистообразующей нематоды в условиях Приморского края показало, что жизненный цикл одного поколения этого паразита завершается в 33 дня, а в течение вегетационного периода культуры нематода дает 3 поколения, массовое проникновение инвазионных личинок в корни растений отмечено в середине последних декад июля и августа [3]. Этот период является наиболее благоприятным для проведения профилактических мероприятий по снижению численности нематод в почве. Признаки заболевания у растений проявляются с середины июля. На сильно зараженных участках посевов растения отстают в росте, желтеют, нижние листья усыхают. Большинство тонких корешков отмирает, и в дальнейшем растения погибают. На участках со средней степенью зараженности растения отстают в росте, листья у них слабохлоротичные, цветков и бобов мало, корни с небольшим числом клубеньков. На слабо зараженных нематодой участках признаки заболевания растений не проявляются. Такие же признаки заболевания у растений проявляются при избыточном увлажнении участков поля и при внесении больших доз удобрений. Поэтому для определения причины заболевания необходимо просматривать корневую систему растений на наличие самок нематод.

В Ханкайском районе были проверены сельскохозяйственные угодья в семи хозяйствах (табл. 3.17).

Таблица 3.17. Зараженность обследованных площадей соевой чистообразующей нематодой в Ханкайском районе

№ п/п	Хозяйство	Всего обследовано, га	Кол-во проанализированных средних почвенных проб		Заражено соевой нематодой, га	Кол-во цист на 1 среднюю почвенную пробу
			Всего	Из них с цистами		
1	«Новокачалинский»	8107	322	201	6103	0–78(13)*
2	«Турйрогский»	10767	459	181	5159	1–222(19)
3	«Просторы»	2200	30	—	—	—
4	«Ильинский»	400	8	8	230	0–42(18)
5	«Астраханский»	11548	508	199	7887	0–230(11)
6	«Новоселище»	6826	304	132	4148	0–100(10)
7	«Комиссаровский»	4815	406	129	1920	1–94(7)
	Итого:	44663	2037	850	25447	

В работе мы остановимся только на 4 хозяйствах.

«Новокачалинский». Всего обследовано 8107 га пашни полевого севооборота, из них оказались заражены соевой нематодой 6103 га, или 73% обследованных площадей. Сильная степень зараженности нематодой была отмечена на 1268 га (28%). Рекомендовано было исключить выращивание сои на 4 года на следующих полях: массив 472 га, имевший наибольшую степень зараженности (33 цисты на среднюю почвенную пробу) и меньшую на крайних участках — от 4 до 5 цисты; участок 107 га массива 481 га вдоль р. Турга; на массиве 259 га и прилегающих к нему полей вдоль р. Большой Усач (23 га, 19 га, 59 га, 66 га, 21 га, 13 га, 44 га, 96 га), а также на трех полях Платоновского отделения — 64 га, 194 га, 266 га, где в средней пробе встречалось по 30–40 цист нематоды на 100 см³ почвы. Массивы 481 га, 552 га в районе р. Турга, 473 га (с левой стороны р. Большой Усач), 270 и 100 га (по правой стороне р. Большой Усач), поля 142 и 36 га по трассе Платоновка–Ильинка имели среднюю степень зараженности почвы нематодой (от 3 до 8 цист на среднюю почвенную пробу), но и на этих полях встречались очаги с более сильной зараженностью (по 10–15 цист в средней пробе). Общая площадь со средней степенью зараженности почвы составила 1876 га, со слабой — 1408 га. На площади 2 тыс. га нематода не была обнаружена.

«Турйрогский». Всего было обследовано пашни полевого севооборота 10 767 тыс. га, из них оказались заражены соевой нематодой 5159 га, что составило 48% обследованных площадей. Обработано 459 средних проб. По степени зараженности обследованные площади распределились следующим образом: слабая степень зараженности (1–3 цисты на 1 среднюю почвенную пробу) отмечалась на 2248 га (44%) пашни, средняя (4–6 цист) — на 438 га (8%) и сильная (более 6 цист) — на 2472 га (48%).

На первом отделении перед контрольной полосой зараженным оказалось поле в 190 га. За контрольной системой (КСИ) очень сильно заражены нематодой поля 203 га, 201 га, 94,5 га, 164,4 га, 261,5 га, где в средней почвенной пробе насчитывалось от нескольких десятков до 200 цист нематод. Соседние поля имели среднюю и слабую степень зараженности с отдельными очагами (пятнами) высокой численности нематод в почве. На 2-м отделении были сильно заражены нематодой три поля: 299 га, 379 га и 286 га. Как уже было сказано, жизнеспособность инвазионных личинок в цистах сохраняется 4 года, поэтому было рекомендовано прекратить выращивание сои на сильно зараженных площадях на такой же срок. На полях со средней степенью зараженности нежелательно выращивание сои в течение 3 лет и в дальнейшем необходимо выдерживать двухлетний перерыв.

«Астраханский». Всего было обследовано пашни полевого севооборота 11 548 га, из них оказались заражены соевой нематодой 7887 га, что составило 68% обследованных площадей. Девять крупных массивов общей площадью 2523 га (32%) имели сильную степень зараженности почвы нематодой (более 10 цист на пробу). Это поля: 170 и 311 га на границе угодий хозяйства по трассе на пос. Ильинка, половина поля 312 га, соседствующее с полем 311 га и разделенное с ним автотрассой, поля 108,1 + 35,2 га к юго-западу от с. Пархоменко, массив 319 га по трассе на с. Новоселище, поле 240 га по правой стороне трассы на пос. Хороль выше овощного севооборота и поля 211, 184, 314 и 319 га по мелиоративной системе, граничащие с землями хозяйства «Мельгуновский». Количество цист нематод в средних нематологических пробах на перечисленных полях часто превышало два десятка, а на чеках по мелиоративной системе доходило до 200 и более. Кроме того что урожайность на таких полях вряд ли может превышать 3–4 ц/га, эти поля являются и источником инвазии на соседние участки.

Как правило, соседние поля имели среднюю и слабую зараженность с отдельными очагами (пятнами) высокой численности нематод в почве. 1787 га пашни (23%) имели среднюю степень зараженности (более 3 цист на среднюю почвенную пробу) и 3577 га (45%) — слабую (1–3 цисты на пробу).

«Комиссаровский». Всего был обследован 331 участок площадью 4815 га, из которых соевой нематодой было заражено 90 полей с общей площадью 1920 га (40%). Обработано 406 средних проб. 45 участков площадью 1100 га (57%) имели слабую степень зараженности, 19 полей — 396 га (21%) со средней степенью зараженности и 26 полей — 424 га (22%) были сильно заражены нематодой. Зараженность полей нематодой имела мозаичный характер. Но такие массивы, как Падь Харина и центральная часть системы 2-й бригады, практически полностью были заражены нематодой, с высокой численностью их в почве.

Таким образом, в Ханкайском районе обследовано 44 663 га пашни, занятой под соей в семи хозяйствах. Результаты анализа 2037 средних проб показали, что соевой нематодой было заражено 25 447 га, что составило 57,0% обследованных посевных площадей. Нематодой была заражена практически вся площадь под соей, где эта культура выращивалась в двупольном севообороте. Нематода отсутствовала только на полях, где предшественником сои в предыдущие годы были многолетние травы или последний раз соя выращивалась на данном поле 3–4 года назад.

Степень зараженности почвы цистами нематод во всех хозяйствах, где она была обнаружена, была значительная. Благополучным в фитогельминтологической ситуации являлось хозяйство «Просторы».

Литература

1. Волкова Т.В. Соевая нематода (Tylenchida: Heteroderidae: Heterodera glycines) в Приморском крае. Владивосток: Дальнаука, 2013. 90 с.
2. Глотова Л.Е., Кравцова Н.Н. Меры борьбы с соевой нематодой // Вопросы повышения плодородия почв и урожайности с/х культур в Амурской области. Благовещенск, 1979. С. 64–68.
3. Казаченко И.П. Цистообразующие нематоды Дальнего Востока и меры борьбы с ними. Владивосток: Дальнаука, 1993. 77 с.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ЦИСТООБРАЗУЮЩЕЙ НЕМАТОДЫ *HETERODERA GLYCINES* ICHINOHE, 1952 НА УРОЖАЙНОСТЬ СОИ В ПРИХАНКАЙСКОЙ РАВНИНЕ И БАССЕЙНЕ РЕКИ УССУРИ (ЛЕСОЗАВОДСКИЙ И ДАЛЬНЕРЕЧЕНСКИЙ РАЙОНЫ)

Впервые нематода была обнаружена в Японии в 1916 г. (самые ранние наблюдения относятся к 1881 г.). В северной части Китая (Маньчжурии) нематода найдена в 1938 г. В настоящее время кроме Японии и Китая *Heterodera glycines* распространена в КНДР, Республике Корея, о. Тайвань, Индонезии, Канаде, США, ЮАР и др. В мире 10% сельскохозяйственной продукции сои теряется из-за повреждений соевой цистообразующей нематодой (что составляет 1/3 от общих потерь из-за вредителей и болезней), которая, согласно оценкам, только в США наносит ущерб в размере более 1 миллиарда долларов в результате потери урожая [2]. Соевая цистообразующая нематода *Heterodera glycines* Ichinohe, 1952 известна как один из опаснейших паразитов сои и вызывает болезнь у растений под названием «желтая карликовость бобов». В зависимости от размера популяции соевой нематоды в почве урожайность растений снижается от 20 до 80% [3]. Так, нематологи США установили, что в полевых условиях признаки снижения урожая сои наблюдаются при исходной плотности популяции соевой нематоды 60–100 яиц и личинок (1 циста) на 250 см³ почвы, а экономический порог вредоносности в условиях США составляет 300–500 яиц и личинок (1–3 цисты) на 250 см³ почвы. Страны Европейского и Средиземноморского обществ защиты растений относят соевую нематоду к Списку A1 карантинных объектов. Американская организация защиты растений считает этот вид имеющим карантинное значение. В странах Азии соевую цистообразующую нематоду относят к главным вредителям сои, но из-за широкого распространения ее не вносят в список карантинных объектов.

Распространение соевой нематоды на территории Лесозаводского района и степень зараженности ею полей в хозяйствах. В восьми хозяйствах Лесозаводского района обследовано 7490 га, где было отобрано 3084 почвенных проб. Результаты анализа 257 средних почвенных проб показали, что соевой нематодой заражено 1644 га, что составляет 30% обследованных посевных площадей [1]. Нематода встречается

Таблица 3.18. Зараженность обследованных площадей соевой цистообразующей нематодой в Лесозаводском районе

№ п/п	Хозяйство	Всего обследовано, га	Кол-во проанализированных средних почвенных проб		Заражено соевой нематодой, га	Кол-во цист на 1 среднюю почвенную пробу
			Всего	Из них с цистами		
1	«Невский»	700	33	13	221	0–14(3)
2	«Пантелеймоновский»	1000	32	8	300	0–14(3)
3	«Ружинский»	1640	54	12	324	0–7(3)
4	им. газ. «Красное Знамя»	650	26	12	320	0–50(5)
5	«Иннокентьевский»	400	10	8	140	0–1(1)
6	«Тихменевский»	1200	43	10	340	0–1(1)
7	«Курский»	1000	29	—	—	—
8	«Лесозаводский»	900	30	—	—	—
	Итого:	7490	257	63	1645	

на отдельных массивах в шести хозяйствах, и степень зараженности ею посевов в основном слабая. Значительная степень зараженности почвы нематодой отмечена на отдельных полях в совхозах «Невский», «Пантелеймоновский» и им. газеты «Красное Знамя» (табл. 3.18).

На обследуемой территории в хозяйствах «Лесозаводский» и «Курский» соевая нематода не выявлена.

«Невский». Из обследованных 700 га зараженными соевой нематодой оказались 31,6% земель. Наиболее зараженным было поле в 106 га, где количество цист доходило до 14 штук на 100 см³ почвы. Другие участки имели слабую зараженность, до 3 цист.

«Ружинский». Зараженность соевой нематодой составила 20% обследованных земель. Зараженность от слабой до средней, не более 7 цист на 100 см³ почвы.

«Пантелеймоновский». Из обследованных 1000 га зараженными соевой нематодой оказались 30% земель — поле в 300 га, где количество цист доходило до 14 штук на 100 см³ почвы.

«Им. газеты Красного Знамени». Из обследованных 650 га зараженными соевой нематодой оказались почти половина земель — 49,2% земель. Наиболее зараженным было поле в 240 га, где количество цист доходило до 50 штук на 100 см³ почвы.

«Тихменевский». Зараженность соевой нематодой составила 28,3% обследованных земель. Зараженность слабая, не более 1 цисты на 100 см³ почвы.

«Иннокентьевский». Зараженность соевой нематодой составила 35% обследованных земель. Зараженность очень слабая, не более 1 цисты на 100 см³ почвы.

Распространение соевой нематоды на территории Дальнереченского района и степень зараженности ею полей в хозяйствах. При обследовании в шести хозяйствах Дальнереченского района с площади 2100 га, подготовленной под культуру сои, было отобрано 1188 почвенных проб [1]. В результате анализа 99 средних почвенных проб установлено, что соевая нематода имеется на полях пяти хозяйств и ею заражено

780 га или 37% обследованных площадей (табл. 3.19). По данным количественного учета основная масса посевных площадей имеет слабое заражение соевой нематодой (1–3 цисты на 1 среднюю почвенную пробу) и имеется отдельный массив в совхозе «Ореховский» (104 га), сильно зараженный нематодой.

Таблица 3.19. Зараженность обследованных площадей соевой цистообразующей нематодой в Дальнереченском районе

№ п/п	Хозяйство	Всего обследовано, га	Кол-во проанализированных средних почвенных проб		Заражено соевой нематодой, га	Кол-во цист на 1 среднюю почвенную пробу
			Всего	Из них с цистами		
1	«Малиновский»	280	15	—	—	—
2	«Ореховский»	250	10	4	104	0–19(9)
3	«Калининский»	430	21	6	114	0–1(1)
4	«Сальский»	540	26	15	293	0–16(3)
5	«Ракитненский»	200	8	8	200	0–5(1)
6	«Рождественский»	400	19	2	62	0–1(1)
	Итого:	2100	99	35	773	

На обследуемой территории 280 га в хозяйстве «Малининский» соевая нематода не выявлена.

«Ореховский». Из обследованных 250 га зараженными соевой нематодой оказались почти половина земель — 41,6% за счет сильно зараженного поля в 104 га, где количество цист доходило до 19 штук на 100 см³ почвы.

«Калининский». Зараженность соевой нематодой составила 26,5% обследованных земель. Зараженность очень слабая, не более 1 цисты на 100 см³ почвы.

«Сальский». Из обследованных 540 га зараженными соевой нематодой оказались более половины земель — 54,3% за счет сильно зараженного поля в 293 га, где количество цист доходило до 16 штук на 100 см³ почвы.

«Рождественский». Зараженность соевой нематодой составила 15,5% обследованных земель. Зараженность очень слабая, не более 1 цисты на 100 см³ почвы.

«Ракитненский». В данном хозяйстве было обследовано одно поле — 200 га, оказавшееся слабо зараженным, не более 5 цист в 100 см³ почвы.

По степени зараженности почвы цистами соевой нематоды обследованные площади распределились следующим образом: 50% имели слабую степень зараженности (1–3 цисты на 300 см³ сухой почвы), 30% — среднюю (4–8 цист), 20% — сильную (10 и более цист). Степень заражения полей в различных районах неравномерная. Наиболее сильное заражение земель нематодой отмечено в западных районах Приханкайской равнины.

Зависимость урожайности сои от степени зараженности почвы цистами нематоды изучалась в 6 хозяйствах Приморского края. С этой целью на полях совхозов «Комиссаровский» и «Ильинский» Ханкайского, «Сергеевский» Пограничного, им. газеты «Красного Знамени» и «Пантелеймоновский» Лесозаводского и «Саль-

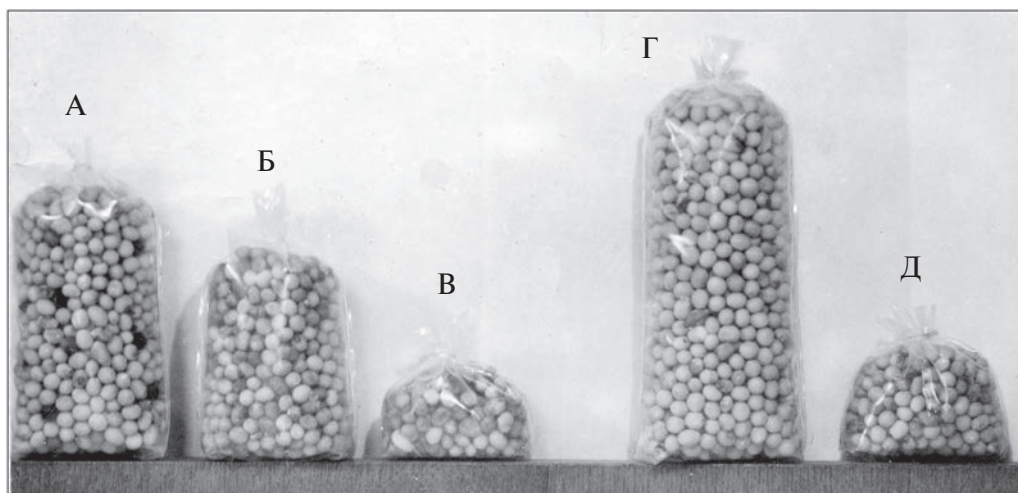


Рис. 3.13. Урожай сои с 1 м² поля в хозяйстве «Комиссаровский»: А – при заражении тремя цистами на 100 см³ почвы, Б – при заражении 5 цистами, В – при заражении 20 цистами, Г – незараженный участок, Д – при заражении 30 цистами

ский» Дальнереченского районов в июне были заложены 19 пробных площадок по 1 га каждая, где был проведен учет самок соевой нематоды на корневой системе растений.

Для определения степени зараженности растений самками гетеродер с площадок по двум диагоналям отбиралось 10 проб, каждая из которых состояла из 5 растений. Подсчет самок проводился с корней и смыва прикорневой почвы.

Была установлена зависимость урожайности сои от степени зараженности почвы соевой нематодой. При сравнении данных учета пробного снопа на участках, не зараженных нематодой, и участках со слабой, средней и сильной степенью зараженности прослежена закономерность: при исходном (весеннем) заражении почвы 1–3 цистами (200–600 инвазионных личинок) на 300 см³ сухой почвы потери урожая составляют 20%, 4–6 цистами (800–1200 личинок) – 30%, 7–9 цистами (1400–1800 личинок) – 35%, 10–14 цистами (2000–2800 личинок) – 45%, 15–20 цистами (3000–4000 личинок) – 60%, 25–30 цистами (5000–6000 личинок) – 70% (рис. 3.13). На основании данных предпосевного учета зараженности полей нематодой и данных учета урожайности с 19 пробных площадок в шести хозяйствах в различных районах края был рассчитан примерный процент потери урожая на зараженных площадях: для Ханкайского района он составлял 42%, для Дальнереченского – 17%, Лесозаводского – 15%.

Литература

1. Волкова Т.В. Соевая нематода (Tylenchida: Heteroderidae: Heterodera glycines) в Приморском крае. Владивосток: Дальнаука, 2013. 90 с.
2. Компания Сингента займется разработкой нового препарата для борьбы с нематодами // Новости сельского хозяйства. Агро Запорожье, 2011. Режим доступа: www.agro-investor.ru
3. Riggs R.D. Worldwide distribution of soybean-cyst nematode and its economic importance // J. Nematol. 1977. Vol. 9, N 1. P. 34–39.

ВЛИЯНИЕ ПОДЪЕМА УРОВНЯ ВОДЫ В ОЗЕРЕ ХАНКА НА СОСТОЯНИЕ МЕСТНОЙ ПОПУЛЯЦИИ ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЙ ЧЕРЕПАХИ

Дальневосточная черепаха — *Pelodiscus maakii* (Brandt, 1857), представитель семейства мягкотелых черепах — *Trionychidae* (Fitzinger, 1826), живущих в пресных водах, населяет озера и умеренно текущие реки. Вид включён в список Конвенции о торговле видами дикой флоры и фауны СИТЕС (Приложение III), Красную книгу Российской Федерации [10], категория 2, статус — сокращающийся в численности вид, обитающий в пределах России на крайней северной границе своего ареала, а также в региональные Красные книги: Красная книга Амурской области [6]; Красная книга Еврейской Автономной области [7]; Красная книга Хабаровского края [11], Красная книга Приморского края [8].

В настоящее время на российском Дальнем Востоке ареал этой рептилии представляет собой 7 популяционных группировок: Раздольненская, Ханкайская, Верхнеуссурийская, Среднеуссурийская, Нижнеуссурийская, Нижнеамурская, Среднеамурская [17].

На оз. Ханка и на приустьевых участках рек, в него впадающих, обитает самая крупная для России популяция дальневосточной черепахи [3, 4, 15, 16]. Первичные расчеты в 2000–2001 гг. по относительной численности ханкайской популяции этого вида показали, что на тот момент она состояла не менее чем из 3000 особей [13, 23].

Создание в 1990 г. кластерного государственного природного заповедника «Ханкайский», получившего в 2005 г. статус биосферного резервата, позволило взять под охрану основные места размножения черепах, расположенных на западном побережье озера: о. Сосновый, косу Пржевальского и косу Арсеньева — участок «Сосновый» площадью 375 га [3, 14].

Для оз. Ханка характерны значительные многолетние циклические колебания уровня воды (в среднем 26-летние), амплитуда которых достигает 2 м [5]. А.Т. Булдовский и Г.О. Черепанов, изучавшие в разные годы ханкайскую популяцию дальневосточной черепахи, указывали, что наводнения «...опустошительно отзываются на запасах уссурийской черепахи...» [4] и «...основными факторами, лимитирующими численность дальневосточной черепахи в исследованном регионе, являются: 1) колебания уровня воды в оз. Ханка, которое приводит либо к затоплению близко расположенных от берега гнезд, либо к осушению мелководных кормовых участков...» [16].

К осени 2015 г. уровень воды в Ханке поднялся на 4 м, что существенно превысило обычные показатели. Более 90% песчаных кос ушло под воду. Пострадали не только черепахи кладки яиц, но сообщества редких растений, ряд видов птиц на гнездовье и многие другие представители флоры и фауны прибрежных сообществ.

Мы провели предварительное исследование по состоянию ключевой части ханкайской популяции дальневосточной черепахи в сентябре 2015 г. и июне 2016 г. на участке «Сосновый» заповедника «Ханкайский».

Применялось несколько методов оценки численности черепах: учет разновозрастных животных по берегам водоемов; учет следов их выходов с промером ширины, формы, длины выхода [1, 2].

Полученные результаты сравнивались с нашими учетными данными, полученными во время работы в вышеуказанном заповеднике в 2001–2005 гг. [18–22]. Всего за весь период работ было отмечено: 165 взрослых и неполовозрелых животных, 32 сеголетка; промерено и описано 685 следовых дорожек.

До 2012–2013 гг. коса Пржевальского (ошибочно упоминаемая Г.О. Черепановым [16] как мыс Николаевский) и о. Сосновый представляли собой узкую песчаную косу, длиной около 5–6 км, разделенную мелководной протокой шириной 150–200 м (рис. 3.14) [16]. Остров Сосновый был в длину около 1500 м и шириной — около 400 м. На нем имелось внутреннее озеро (рис. 3.15) [12].

Как А.Т. Булдовский [4], так и Г.О. Черепанов [16] отмечали наибольшие скопления черепах в период размножения именно на этих участках. Г.О. Черепанов писал: «...Мы вряд ли сильно ошибемся, если определим минимальную численность взрослых черепах в исследованном регионе в 450–500 особей, а исчисляемую среднюю плотность — около 20 особей на 1 км береговой линии. О прежней численности черепах в данном регионе мы можем судить только по результатам их отловов — 165 особей за сезон 1932 г. [Булдовский А.Т., 1936], но и они показывают, что она была несколько выше. Еще нагляднее это подтверждается тем обстоятельством, что А.Т. Булдовский определяет объем возможной добычи дальневосточной черепахи на оз. Ханка в 1000–2000 штук ежегодно. При современном состоянии ханкайской популяции такой вылов совершенно бы ее уничтожил...» [16].

При проведении учетных работ на косе Пржевальского и о. Сосновый мы получили сходные данные с результатами исследований Г.О. Че-



Рис. 3.14. Коса Пржевальского (2009 г.)



Рис. 3.15. Остров Сосновый (2001 г.)

репанова [16] по численности дальневосточных черепах на этих участках (табл. 3.20).

Но тем не менее, анализируя полученные учетные сведения, можно говорить о снижении численности дальневосточной черепахи, несмотря на создание заповедника. Возможно, это связано с мощным всплеском браконьерства в 90-е

Таблица 3.20. Сравнительные данные по численности в местах наибольших скоплений дальневосточной черепахи на участке «Сосновый» заповедника «Ханкайский»

Место	Показатель	Данные Г.О. Черепанова [16]	Наши данные (2001–2005)
о. Сосно- вый	Общее количество учтенных чере- пах за маршрут	37–80	1–15 (в среднем = 8,8)
	Максимальная плотность (N осо- бей /на 100 м береговой линии)	17	10
	Общее количество следовых доро- жек за маршрут	—	4–47 (в среднем = 19,8)
Коса Прже- вальского	Общее количество учтенных чере- пах за маршрут	11–39	1–15 (в среднем = 4,2)
	Максимальная плотность (N осо- бей /на 100 м береговой линии)	6	6
	Общее количество следовых доро- жек за маршрут	—	1–59 (в среднем = 18,6)

годы прошлого столетия, когда границы с Китаем имели достаточно высокую прозрачность, и черепаха активно отлавливалась местным населением на продажу в соседнюю страну, где спрос на нее традиционно высок.

Катастрофический подъем воды в озере в последующие годы усугубил ситуацию, лишив черепах наилучших, характеризующихся минимальным фактором беспокойства, мест для откладки яиц.

Так, в сентябре 2015 г. о. Сосновый состоял уже только из двух отдельных полосок суши, поросших ивняком: первая полоса — длиной около 90 м и шириной около 20 м, вторая — на 10 м короче. Отмечались единичные выходы на берег взрослых черепах, кладки отсутствовали (устное сообщение В.М. Козырева).

Коса Пржевальского в ее основании и средней части превратилась в цепочку островков площадью примерно от 10 до 100 м². Последние 1500–1700 м косы целиком ушли под воду. 07.09.2015 мы зафиксировали полную ликвидацию всех основных мест откладки яиц дальневосточными черепахами на участке «Сосновый». Всего было визуально отмечено 3 взрослых особи на маленьких островках песка и 4 следовые дорожки (тоже взрослых черепах). Ни кладок, ни сеголеток не было отмечено.

20.06.2016 г. наши промеры показали, что первый фрагмент о. Сосновый сократился до 50 м в длину и 6 м в ширину (рис. 3.16), а площадь второго не превышала 6 м². Никаких следов черепах на них не было обнаружено. Остатки острова использовались только чайками, в качестве места отдыха.



Рис. 3.16. Остров Сосновый (2016 г.)

На косе Пржевальского было визуально отмечено 5 взрослых особей черепах и 10 следовых дорожек, в форме кратковременных выходов для прогрева у кромки воды. Кладки отсутствовали (рис. 3.17).

Необходимо выяснить, куда переместились черепахи для откладки яиц, как сказалось затопление на их численности. Необходимо определить места новой дислокации мест размножения дальневосточных черепах по западному побережью оз. Ханка, включая приустьевые участки рек, в него впадающих, и организовать их охрану на государственном уровне для сохранения ханкайской популяции.

Эти территории, в случае организации их охраны, могут послужить резерватом и для других, пострадавших от подъема воды, редких видов растений и животных. Например, на косах Пржевальского и Арсеньева (заповедник «Ханкайский») полностью исчезли популяции местного эндемика, растения из семейства бобовых *Oxytropis chankaensis* [9], где этот вид не подвергся антропогенному прессу и «процветал». Он произрастал и на других участках ханкайского побережья, но в местах расположения рекреационных и хозяйственных зон численность его была крайне низка.

Также охраняемые фрагменты побережья могли бы стать дополнительным местом гнездования редкого вида крачек *Sterna albifrons* [10], которые откладывают яйца прямо на песок и в настоящее время лишились мест гнездования на участке «Сосновый» в связи с его затоплением.



Рис. 3.17. Коса Пржевальского (2016 г.)

Первоначально необходимо провести полевые исследования по поиску, описанию и картированию всех точек, которые в настоящее время дальневосточные черепахи используют для откладки яиц. Параллельно следует налаживать связи с локальными организациями, расположенными в непосредственной близости от мест размножения черепахи, для сбора информации и организации защиты мест размножения черепахи местным населением.

Важно провести работу с администрацией Приморского края для решения юридических вопросов по статусу охраняемых участков и организации оперативной защиты их от хозяйственной и рекреационной деятельности. Назревает конфликт интересов. Для дальневосточной черепахи в период откладки яиц и для ханкайских баз отдыха идеально подходят одни и те же места. Возможно, что для части таких территорий необходимо придать статус Памятников природы. Но по нашим опросным сведениям мы выяснили, что даже существующие ООПТ этого типа в Ханкайском районе («Утес Белоглинный», мыс «Девичьи пески») никаким образом не охраняются на местах и существуют только на бумаге.

Если выполнить нашу работу в ближайшие два года с объединением сил науки и общественности, мы не упустим драгоценное время для спасения ханкайской популяции дальневосточной черепахи и сможем в дальнейшем организовать постоянный учет, контроль, а возможно, и разведение этого редкого вида с последующим выпуском в естественную среду.

Литература

1. Аднагулов Э.В. О методах количественного учета дальневосточной черепахи *Pelodiscus sinensis* (REPTILIA: TRIONYCHIDAE) // Вопросы герпетологии: материалы III съезда Герпетологического общества им. А.М. Никольского, Пушино 9–13 октября 2006 г., СПб: Изд-во СПбГУ, 2008. С. 11–15.
2. Аднагулов Э.В. Материалы по биологии размножения дальневосточной черепахи *Pelodiscus sinensis* (Wiegmann, 1834) в Приамурье // Вопросы герпетологии: материалы V съезда Герпетологического общества им. А.М. Никольского 25–28 сентября 2012 г. Минск: Право и экономика, 2012. С. 7–10.
3. Булдовский А.Т. Об организации черепашого заповедника и птичьего резервата на озере Ханка // Заповедники Дальневосточного края. Записки Приморского филиала Государственного географического общества. Хабаровск. Т. VI (XXIII). 1936а. С. 41–47.
4. Булдовский А.Т. О биологии и промышленном использовании уссурийской (амурской) черепахи *Amyda maakii* (Brand.) // Труды ДВФ АН СССР. М.; Л.: АН СССР, 1936б. Т. 1. С. 62–102.
5. Васковский М.Г. Гидрологический режим озера Ханка. Л.: Гидрометиздат, 1978. 175 с.
6. Красная книга Амурской области: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных, растений и грибов: официальное издание / Управление по охране, контролю и регулированию использования объектов животного мира и среды их обитания Амурской области; Благовещенский государственный педагогический университет. Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2009. 446 с.
7. Красная книга Еврейской Автономной области: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных / Правительство ЕАО; Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН. Биробиджан, 2014. Режим доступа: <http://redbook-eao.ru/>
8. Красная книга Приморского края: животные. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных. Владивосток: АВК «Апельсин», 2005. 448 с.
9. Красная книга Приморского края: растения. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов / Биолого-почвенный институт ДВО РАН. Владивосток: АВК «Апельсин», 2008. 688 с.
10. Красная книга Российской Федерации (животные). М.: АСТ, Астрель, 2001. 862 с.
11. Красная книга Хабаровского края: редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и животных / Министерство природных ресурсов Хабаровского края; Институт водных и экологических проблем ДВО РАН. Хабаровск: Издательский дом «Приамурские ведомости», 2008. 632 с.: ил.
12. Маслова И.В. Новые данные по фоновым видам земноводных и пресмыкающихся Ханкайского заповедника // Животный и растительный мир Дальнего Востока. Уссурийск: УГПИ, 2000. С. 91–94.

13. Маслова И.В. Амфибии и рептилии // Позвоночные животные заповедника «Ханкайский» и Приханкайской низменности. Владивосток: ООО РИЦ «Идея», 2006. С. 67–76.
14. Маслова И.В., Глущенко Ю.Н. Общие сведения о заповеднике «Ханкайский» // Позвоночные животные заповедника «Ханкайский» и Приханкайской низменности. Владивосток: ООО РИЦ «Идея», 2006. С. 7–15.
15. Пржевальский Н.М. Путешествие в Уссурийский край в 1867–1869 гг. СПб., 1870. 298 с.
16. Черепанов Г.О. К биологии дальневосточной черепахи на озере Ханка // Вестник ЛГУ. 1990. Сер. 3. Вып. 2 (№ 10). С. 23–28.
17. Adnagulov E.V., Maslova I.V. On the distribution of *Pelodiscus sinensis* (Wiegmann, 1834) (Testudines: Trionychidae) in the Russian Far East // Herpetologia Petropolitana: Proc. of the 12th Ord. Gen. Meet. Soc. Eur. Herpetol. SPb. (Russia), 2005. P. 117–119.

Неопубликованные материалы

18. Летопись природы заповедника «Ханкайский» за 2001 г.
19. Летопись природы заповедника «Ханкайский» за 2002 г.
20. Летопись природы заповедника «Ханкайский» за 2003 г.
21. Летопись природы заповедника «Ханкайский» за 2004 г.
22. Летопись природы заповедника «Ханкайский» за 2005 г.
23. Аднагулов Э.В., Маслова И.В. Дальневосточная черепаха в Приамурье: быть или не быть / отчет по гранту USAID Sourc Agreement № 118-A-00-95-00303-00/WWF Agreement № LR19. Хабаровск, 2001. 22 с.



РАЗДЕЛ 4

ГЕОГРАФИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ ТРАНСГРАНИЧНОЙ ТЕРРИТОРИИ БАСЕЙНА ОЗЕРА ХАНКА. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УГРОЗЫ ТРАНСГРАНИЧНОЙ ВОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ОЗЕРА ХАНКА И ВОЗМОЖНЫЕ ЕГО ТРАНСФОРМАЦИИ ПРИ СБРОСЕ ИЗЛИШНИХ ВОД ПО ПРЕДЛАГАЕМОМУ КАНАЛУ

Строительство крупного водоотводного канала предложено для регулирования уровня воды оз. Ханка [7]. Если судить по объему стока р. Сунгача, то это будет связано априорно с большим объемом земляных работ, как при строительстве ложа канала, так и сопутствующих ему сооружений. Производство этих работ связано с нарушением и перемещением значительных масс почвогрунтовой толщи. В соответствии с российским законодательством [8, 13] в границах проектируемых объектов необходимо сохранить плодородный (гумусовый) слой (горизонт). Согласно нормативным требованиям, законодательство основывается на двух исходных постулатах: 1) на необходимости сохранения плодородия той верхней части профиля, которая им обладает (при этом предполагается снятие этого слоя, его складирование и сохранение на определенный срок); 2) на последующем его рациональном использовании (землевание малопродуктивных сельскохозяйственных угодий в зоне, прилегающей к строительству, или использование его для нанесения на нарушенные поверхности при строительстве, т.е. рекультивационные работы).

Перед отводом земель под строительство необходимы почвенные изыскания для составления проекта снятия, сохранения и рационального использования плодородного слоя почв [14]. При этом оценка свойств почв осуществляется по ГОСТам [1–6]. Ранее были предложены расширенные критерии оценки, базирующиеся на вышеуказанных ГОСТах с учетом свойств местных приморских почв [10]. Применительно к строительству водоотводного канала эти критерии сведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1. Критерии оценки свойств почв

Свойства	Оценочная группа	Величина	Оценка
1. Мощность гумусовых горизонтов, см	1	<5	Ультрамаломощный
	2	6–10	Очень маломощный
	3	10–15	Маломощный
	4	15–20	Ниже среднемощного
	5	20–25	Среднемощный
	6	25–30	Выше среднемощного
	7	30–35	Мощный

Окончание табл. 4.1

Свойства	Оценочная группа	Величина	Оценка
2. Содержание гумуса, % массы	1	<1	Очень низкое
	2	1–2	Низкое
	3	2–4	Ниже среднего
	4	4–8	Среднее
	5	8–12	Выше среднего
	6	12–20	Высокое
	7	>20	Очень высокое
3. Обменная кислотность по рН солевой вытяжки, рН _{сол}	1	<4,0	Очень сильноокислая
	2	4,1–4,5	Сильноокислая
	3	4,6–5,0	Среднеокислая
	4	5,1–5,5	Слабоокислая
	5	5,6–6,0	Близкая к нейтральной
	6	6,0–7,0	Нейтральная
	7	>7	Слабощелочная
4. Сумма поглощенных оснований (S), мэкв на 100 г	1	<5,0; <20*	Очень низкая
	2	5–10; 20–35*	Низкая
	3	11–15; 36–50*	Средняя
	4	16–20; 51–65*	Повышенная
	5	21–30; 66–80*	Высокая
	6	>30; >80*	Очень высокая
	7	75–80	Повышенная
5. Подвижный калий, мг на 100 г	1	4–8; <15*	Низкое
	2	8–12; 16–35*	Среднее
	3	12–17; 36–50*	Повышенное
	4	17–25; 51–80*	Высокое
	5	25–50; 80–120*	Очень высокое
	6	50–100; >120*	Избыточное
6. Подвижный фосфор, мг на 100 г	1	<2,5; <10*	Очень низкое
	2	2,5–3,7 10–20*	Низкое
	3	3,8–5,0; 21–40	Среднее
	4	5,1–10,0; 41–60*	Повышенное
	5	10,1–15,0; 61–100*	Высокое
	6	15,1–25,0; >100*	Очень высокое
7. Солонцеватость почв по составу обменного натрия от емкости обмена, %	1	<5	Не солонцеватые
	2	5–10	Слабая солонцеватость
	3	11–20	Солонцеватые
	4	>20	Солонец
8. Содержание фракции более 1 мм (крупнозем), % от общей массы	1	5–10	Малокаменистые
	2	10–25	Среднекаменистые
	3	25–50	Сильнокаменистые
	4	50–75	Очень сильнокаменистые
	5	75–90	Слабофрагментарные
	6	>90	Среднефрагментарные

* Для органогенных, торфяных горизонтов.

Таблица 4.2. Оценка основных свойств почв

Горизонт	Мощность, см	Каменистость	Органическое вещество, %	Кислотность	S-сумма	Фракция глины, %	На обмен % от суммы основ	Подвижные питательные вещества, мг/кг	
								P ₂ O ₅	K ₂ O
Бурозём типичный									
AY	11	0	6	2	1	12	4	4	6
BM	23	0	3	1	1	10	4	5	7
BC	22	слК	1	1	1	13	4	6	6
Бурозём оподзоленный									
AY	16	0	6	3	6	5	1	6	2
AE	16	слК	3	2	2	12	2	3	6
BM	21	срК	1	1	2	2	3	1	4
Бурозём темногомусовый									
AU	36	0	6	4	6	8	1	6	7
AB	14	0	4	2	2	29	2	1	3
BM	26	слК	2	2	2	1	3	4	3
Подбел тёмногомусовый глееватый									
AU	32	0	4	2	3	22	2	1	6
ELn	10	0	2	1	1	24	3	1	1
BEL	25	0	1	1	1	12	3	1	7
Подбел темногомусовый перегнойный									
AUH	25	0	6	1	2	25	4	2	4
ELn	7	0	3	1	2	9	3	1	1
BEL	23	слК	1	1	1	4	3	1	1
Текстурно-метаморфическая глееватая									
AY	21	0	3	2	2	26	3	1	2
AELM	13	0	1	1	1	25	3	2	
ELM	19	0	1	1	1	22	3	1	1
Лугово-бурая глееватая									
A1	27	0	5	2	4	18	2	1	2
AB	13	слК	2	1	1	22	4	1	1
B	16	0	1	1	1	23	3	1	1
Торфянисто-глеевая									
T	12	0	7	3	6	5	3	1	4
G	45	0	3	2	2	19	3	3	4
CG	23	0	4	1	2	12	3	5	1

Поэлементная оценка свойств основных горизонтов почв, преобладающих по трассе канала, представлена в табл. 4.2.

Результаты оценки (табл. 4.2) сведены в табл. 4.3, где представлены группы по пригодности и подгруппы по непригодности по различным исключаяющим факторам.

Таблица 4.3. Группировка почв по необходимости снятия плодородного слоя и потенциально плодородного слоя

Группа, подгруппа	Определяющие свойства и почвы
Группа I	Почвы, обязательные для снятия плодородного слоя (ПС) и потенциально плодородного слоя (ППС) при отсутствии параметров, характерных для подгрупп 2.1–2.5.
Группа II	Почвы, исключаемые из перечня обязательных для снятия плодородного слоя (ПС) и потенциально плодородного слоя (ППС) по причинам (под-группы)
Подгруппа 2.1	Легкий гранулометрический состав (песчаный). Содержание фракции глины менее 10%
	Бурозём типичный дресвянисто-песчаный
	Бурозём темногумусовый
	Бурозём оподзоленный
	Аллювиальная тёмногумусовая
	Текстурно-метаморфическая глееватая
Подгруппа 2.2	Каменные разновидности
	Бурозёмы типичные мелкие сильнокаменные
	Бурозёмы типичные средне-мелкие сильнокаменные
	Бурозёмы типичные маломощные сильнокаменные
	Тёмногумусовые подбелы типичные средне-мелкие сильнокаменные
Подгруппа 2.3	Почвы целинные неосушенные с торфяными горизонтами
	Торфянисто-перегнойно-глевые
	Торфянисто-глевые
	Торфяно-глевые
	Торфяные
	Аллювиальные торфянисто-глевые, торфяно-глевые и торфяно-илова-то-глевые
Подгруппа 2.4	С маломощным гумусовым (плодородным) горизонтом менее 10 см
	Разновидности почвы с таким параметром мощности верхнего горизонта
Подгруппа 2.5	Солонцовые и солонцеватые почвы с содержанием обменного натрия более 10% от суммы (S)
	Бурозём типичный
	Бурозёмы оподзоленные
	Текстурно-метаморфическая глееватая
	Луговые глеевые солонцеватые

Возможные трансформации почв при строительстве и эксплуатации водоотводного канала представлены в табл. 4.4. Большая часть этих данных была получена из отчета О.А. Коваля, В.М. Мазокина и др. [9], Л.Ф. Пискун [15], В.И. Ознобихина и Э.П. Синельникова [12], О.М. Голодной (см. подразд. «Особо ценные и ценные земли...» в наст. разделе).

Таким образом, при реализации предлагаемого варианта регулирования стока оз. Ханка каналом «Ханка – Уссури» выявляется ряд неблагоприятных явлений,

**Таблица 4.4. Возможные трансформации почв при строительстве
и эксплуатации водоотводного канала**

№ п/п	Явление	Условия, место и характер проявления		
		Технологический процесс	Место	Степень
1	Срезка (уничтожение) почвенного профиля и его перемещение в отвалы, почвенного профиля	Эксплуатация почво-грунта канала под проектные отметки	Трасса канала	Местами до почвообразующей или коренной породы
2	Уплотнение почвенного профиля в период работы на переувлажненных почвах	Давление на почву при работе тяжелой строительной техники	По всей территории строительства	До сверхплотного 1,7 г/см ³
3	Разубоживание (снижение плодородия) гумусового горизонта за счёт перемешивания плодородного слоя с подгумусовыми при его эксплуатации и перемещении в отвалы	Снятие плодородного слоя и его складирование во временные отвалы	По всей территории строительства канала	До 50% от содержания гумуса
4	Оседание почвогрунтовой массы со смоченных стенок канала при размокании. Заиливание канала	По смоченному периметру канала	По всей трассе канала	До 60 см от кромки
5	Ливневая эрозия – плоскостная, струйчатая почвогрунтовых сухих стенок канала	Ливневые осадки на территориях без организации стока по колеям проходов техники вдоль канала, траншей, временных дорог	При прохождении трассы канала по склонам крутизной более 3°	Размывы глубиной до 70 см, смыв полностью рыхлого гумусового горизонта при нарушенной дернине
6	Паводочная эрозия	Вскрытие почв и грунтовой толщи перед паводком при строительстве в низких долинных местоположениях	Затапливаемая часть долин в местах прохождения паводка	Размывы глубиной до 1,5–2,5 м, смыв гумусового горизонта полностью или частично
7	Загрязнение почв каменистой отсыпкой временных технологических дорог	Укрепление несущей поверхности полевой технологической дороги	Технологические дороги	До 50% и более от массы
8	Загрязнение почв нефтепродуктами	Неаккуратная заправка нефтепродуктами, текущий ремонт техники	Временные технологические стоянки строительной техники	Локально до 30% от массы почвы

Продолжение табл. 4.4

№ п/п	Явление	Условия, место и характер проявления		
		Технологический процесс	Место	Степень
9	Загрязнение почв бытовыми отходами	Места временного проживания	Полевые станы (кемпинги)	Локально до 100% поверхности
10	Пожары и палы	Небрежное, неконтролируемое обращение с огнем, несоблюдение правил противопожарной безопасности	При полевых станах (кемпингах), при сжигании органических остатков (корчей, кочек, лесорубных остатков и кустарников) при подготовке трассы под ложе канала	При отсутствии организованных мест курения, минерализованных зон вокруг мест сжигания
11	Подтопление грунтовыми водами и водами верховодки, поверхностными водами с прилегающих водосборных территорий	При прохождении трассы канала по самым низким отметкам	Нижние части склонов	Зона возможного подтопления — 100–400 м
12	Разработка наветренного борта волнобоя	Формирование эрозионной полосы	Наветренные стенки канала	Возможная глубина — до 20 см
13	Подмыв склона канала	В зоне полосы волнобоя при яркой его выраженности	Наветренные стенки канала	При скоростях водного потока, превышающих неразмывающую скорость
14	Зимнее выветривание вскрытого каналом почвенного профиля и его весенняя агрегация, осыпание и эрозия в ливневой период	Надводная часть стенок канала	Почвогрунтовые стенки канала	Повсеместно, наиболее сильно в частях, освещенных солнцем
15	Переосушение торфянистых, торфяных почв и торфяников	В пределах депрессионной воронки (осушающего действия канала)	Контурсы торфянистых, торфяных почв и торфяников	На глубину торфяного слоя или его осушенной части
16	Нарушение организованного проектного стока при пересечении осушающих и магистральных водоотводящих каналов, защитных дамб на польдерах, на осушительных системах, оросительных и сбросных осушительных каналов разного порядка на оросительных рисовых системах	По трассе канала при пересечении мелиоративных систем	Мелиоративные системы	Нет данных

№ п/п	Явление	Условия, место и характер проявления		
		Технологический процесс	Место	Степень
17	Нарушение элементов инфраструктуры (дорог, мостов, ЛЭП, водоводов, телефонных кабелей и т.д.)	По трассе канала при пересечении инфраструктурных элементов	Трассы инфраструктурных элементов	Нет данных
18	Нарушение режима заповедания для основной части Ханкайского заповедника и его отдельных частей	По трассе канала при прохождении по границе территории	В пределах депрессионной зоны	Нет данных
19	Возможный подпор сбросных вод канала из р. Уссури в период наводнений	В сочленении водосбросной части канала с руслом реки	Зоны затопления р. Уссури и р. Сунгача различной обеспеченности	Нет данных
20	Проблемы пересечения рек Уссури-Сунгачинского массива (Белая, Шмаковка, Красная, Чёрная и др.) и крупных каналов (Кабаргинский, Зеленодольский и др.)	В пересечении водосбросной части канала с рекой или каналом		

которые возможно предотвратить только при проведении глубоких почвенно-географических исследований, почвенных режимных наблюдений и экспериментальных работ, предпроектных разработок (ТЭД, ТЭО) с привлечением местных специалистов.

Литература

1. ГОСТ 17.4.2.02-83 Охрана природы. Почвы. Номенклатура показателей пригодности нарушенного плодородного слоя почв для землеваяния.
2. ГОСТ 17.4.3.02-85 (ст. СЭВ 4471-84) Охрана природы. Почвы. Требования к охране плодородного слоя почвы при производстве земляных работ.
3. ГОСТ 17.5.1.01-83 (ст. СЭВ 3848-82) Охрана природы. Почвы. Термины и понятия.
4. ГОСТ 17.5.1.02-85 Охрана природы. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации.
5. ГОСТ 17.5.3.04-83 Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель.
6. ГОСТ 17.5.3.06-85 Охрана природы. Земли. Требования к определению норм снятия плодородного слоя почвы при производстве земляных работ.
7. Журавлев Ю.Н., Клышевская С.В. К задаче регулирования уровня воды в бассейне озера Ханка // Вестник ДВО РАН. 2015. № 5. С. 40–53.
8. Земельный кодекс РФ (принят Госдумой 28.09.2001 г., одобрен Советом Федерации 10.10.2001 г.) ст. 13 (ЗК РФ, 2001)
9. Коваль О.А., Мазокин В.М., Ознобихин В.И. Технология возведения невысоких земляных дамб и насыпей из переувлажненных связных грунтов в условиях Приморского края // Мелиорация земель Приморского края. Владивосток: Союздальгипроприс, 1980. С. 33–38.
10. Костенков Н.М., Ознобихин В.И. Научное обоснование снятия и использования плодородного слоя почв при открытых разработках полезных ископаемых // Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Дальнего Востока: к 75-летию образования Россельхозакадемии: сб. науч. тр. ДВ НМЦ РАСХН. Владивосток: Дальнаука, 2005. С. 180–183.
11. Костенков Н.М., Ознобихин В.И. Почвенные ресурсы Приморского края и рационализация их использования // Вестник ДВО РАН. 1993. № 4/5. С. 28–36.

12. Ознобихин В.И., Синельников Э.П. Характеристики основных свойств почв Приморья и пути их рационального использования. Уссурийск: Примор. с.-х. ин-т, 1985. 74 с.

13. О рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы. Постановление Правительства РФ от 24.02.94 г. № 140. Об утверждении основных положений о рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы. Приказ Минприроды России и Роскомзема от 22.12.95 № 525/67.

14. Ограничения (обременения) прав на использования земельных участков. М.: ФКЦ «Земля», 2000. 240 с.

15. Пискун Л.В. Факторы устойчивости земляных каналов в условиях Приморского края: автореф. дис. ... канд. тех. наук. Владивосток: ДВФ СО АН СССР, 1966. 15 с.

ОСОБО ЦЕННЫЕ И ЦЕННЫЕ ЗЕМЛИ РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ БАСЕЙНА ОЗЕРА ХАНКА

На современном этапе усложнились вопросы землепользования и, соответственно, землеустройства. Это потребовало регулировать земельные отношения в пределах муниципального района. Однако без выделения особо ценных и ценных земель в принципе это считается невозможным. Выделение особо ценных и ценных земель в самостоятельную категорию земель сельскохозяйственного использования объясняется капиталовложениями в создание участков повышенного плодородия корнеобитаемых горизонтов почв, что резко отличает их по важнейшим агрохимическим характеристикам от исходного состояния, характерного для данного типа почвы. Высокое плодородие этих участков обусловлено комплексной агрохимической мелиорацией, соответственно, и окупаемость урожаям их значительно большая. В связи с более высоким потенциалом плодородия их использование должно быть строго и целенаправленно ориентировано на получение высоких урожаев.

К особо ценным землям (ОЦЗ) относятся земли, в пределах которых находятся природные объекты и объекты культурного наследия, представляющие особую научную, культурную ценность [4]. К ним относятся применительно к землям сельскохозяйственного назначения: опытные поля и участки научно-исследовательских учреждений и учебных заведений; опытные поля и участки опытных и опытно-производственных хозяйств; государственные сортоиспытательные участки; участки государственного мониторинга за состоянием земель агрохимической службы; мелиорированные земли [2, 5]. Они, исходя из своей ценности, должны использоваться строго по целевому назначению. Это является для них обязательным обременением.

К ценным землям (ЦЗ) сельскохозяйственного назначения относятся земли, обладающие потенциалом плодородия — более 90 баллов бонитета и с высокой нормативной стоимостью, земли с кадастровой оценкой выше средней по району на 20%, а также поля комплексного агрохимического окультуривания почв [2, 5, 8]. Земли с высокой нормативной стоимостью выделялись в рамках выполненной в Биолого-почвенном институте работы по государственной кадастровой оценке сельскохозяйственных угодий и фонда перераспределения Приморского края по

административным районам и сельскохозяйственным округам [6], материалы которой утверждены на краевом уровне в виде нормативного документа [9].

Целью работы была практическая реализация и проверка положений, изложенных в нормативных документах применительно к территориальным условиям бассейна оз. Ханка в сравнении с данными, полученными для Приморского края. Работа выполнялась в два этапа. На первом — проведена инвентаризация особо ценных и ценных земель сельскохозяйственного назначения по литературным, архивным и правоустанавливающим документам. На втором этапе — выделены и оформлены границы данной категории земель на картографической основе масштаба 1:100 000 [3]. Был составлен Атлас этих земель [1], более подробные карты [7] и разработаны проектные предложения по установлению границ территорий особо ценных и ценных земель сельскохозяйственного назначения и определен режим их использования [10]. Разработка предложений по выделению особо ценных и ценных земель сельскохозяйственного назначения и особенно установлению границ этих территорий является основой для назначения и определения особого режима их использования.

Систематизация и анализ собранных данных позволили составить реестр особо ценных и ценных земель бассейна оз. Ханка по кадастровым (административным) районам, кадастровым округам (землям в пределах границ бывших колхозов, совхозов до их реорганизации). При выполнении работ были использованы материалы следующих учреждений: ПримНИИСХа (земли НИИ, ОПХ), ПГСХА (мелиорируемые земли), Приморского центра агрохимического обслуживания сельского хозяйства (реперные участки, КАХОП). Основные результаты этих работ сведены в табл. 4.5 и 4.6.

На начало 2000-х годов общая площадь сельскохозяйственных угодий в бассейне оз. Ханка составляла 543 тыс. га. В их пределах особо ценные и ценные земли занимали 289 219 га, что составляет 53,3% площади сельскохозяйственных угодий бассейна и около 26% площади сельскохозяйственных угодий края. Если сравнить с данными по краю, то сельскохозяйственные угодья бассейна составляют почти половину краевых — 48,2%. Ценные и особо ценные земли составляют соответственно — 19,94% и 5,75% площади сельскохозяйственных угодий края (табл. 4.5, 4.6).

Общая площадь ОЦЗ бассейна 64 709 га, что составляет около 12% площади сельхозугодий бассейна и 5,75% сельхозугодий края, а также 33% площади ОЦЗ края. По округам она колеблется от 2 100 га (Михайловский) до 18 747 га (Спасский).

Сравнение видов особо ценных земель показывает, что мелиорируемые земли занимают около 24% от краевых площадей таких земель и 71,41% по бассейну (табл. 4.5). Земли опытных хозяйств составляют 26% по бассейну и немногим более 8% краевых площадей таких земель. Остальные земли этой категории занимают незначительные площади. Относительно общей площади ОЦЗ бассейна по кадастровым округам они распределяются неравномерно: в Спасском районе их сосредоточено почти 29%, в Хорольском — около 15%, Ханкайском и Черниговском — 8–11%, в Михайловском и Пограничном соответственно 3 и 6%.

В пределах сельскохозяйственных угодий рассматриваемой территории ЦЗ занимают 224 510 га, что составляет 41,37% площади сельскохозяйственных угод-

Таблица 4.5. Состав особо ценных земель по кадастровым округам Приморского края

Кадастровый округ	С.-х. у.	Особо ценные земли, га				Всего ОЦЗ	ОЦЗ, от площади с.-х. у. округа, %
		МЗ	ОПХ	ГСУ	РУ		
Пограничный	68 205	3 743	—	—	151	3 894	5,7
Ханкайский	98 907	5 349	8 952	59	480	14 840	15,0
Хорольский	115 072	9 466	7 796	—	425	17 687	15,3
Черниговский	57 403	7 338	—	—	103	7 441	13,0
Михайловский	106 258	2 000	100	—	—	2 100	2,0
Спасский	96 791	18 312	—	31	404	18 747	19,4
Итого по бассейну	га	542 636	46 208	16 848	90	1563	64 709
	% от с.-х. у.	100	8,5	3,1	0,02	0,29	11,91
	% от ОЦЗ	—	71,41	26,04	0,14	2,41	100
Итого по краю	га	1 125 994	160 673	32 081	257	3020	196 031
	% от с.-х. у.	48,2	4,1	1,5	0,01	0,14	5,75
	% от ОЦЗ	—	23,57	8,59	0,05	0,80	33,01

Примечание. С.-х. у. — сельскохозяйственные угодья, МЗ — мелиорированные земли, ОПХ — опытные поля НИИ и участки опытных и опытно-производственных хозяйств, ГСУ — государственные сортоиспытательные участки, РУ — реперные участки агрохимслужбы для мониторинга, ОЦЗ — особо ценные земли.

дий бассейна и около 20% площади сельскохозяйственных угодий края. На них приходится 54% площади ЦЗ края.

Сравнение видов ценных земель показывает, что земли с повышенным плодородием (90 и более баллов бонитета — ППП) занимают 38,77% площади сельскохозяйственных угодий бассейна, около 19% краевых площадей таких земель и 50% площади ЦЗ края. На остальные виды земель приходится 6% площади ЦЗ бассейна. Распределение ценных земель по входящим в бассейн кадастровым округам представляется следующим образом: в Михайловском районе — 53%, в Пограничном, Ханкайском и Спасском районах — 42–46%, в Черниговском и Хорольском районах — 30–31%. ОЦ и ЦЗ бассейна занимают 47% краевых площадей таких земель.

Таким образом, в составе земельных ресурсов бассейна оз. Ханка сосредоточены значительные площади ценных и особо ценных земель. Им должны быть отданы предпочтения при сельскохозяйственном использовании с учетом накладываемым на них статусом обременений. На них распространяются ограничения по трансформации сельхозугодий, свободному обороту со сменой владельца, права собственности и т.д. Учитывая экономическую значимость сельскохозяйственных угодий, эти земли имеют приоритет в обременении прав на нецелевое использование

Таблица 4.6. Состав ценных земель по кадастровым округам Приморского края

Кадастровый округ		Ценные земли, га					ЦЗ	ОЦ+ЦЗ
		ППП	ВКО	КАХОП	Всего ЦЗ			
						% от с.-х. у.		
Пограничный		25 426	2 320	1 213	28 959	32 853	42,5	48,2
Ханкайский		43 833	57	1 502	45 392	60 232	45,9	60,9
Хорольский		33 692	87	1 964	35 743	53 430	31,1	46,4
Черниговский		15 684	432	832	16 948	24 389	29,5	42,5
Михайловский		52 750	1 681	2 067	56 498	58 598	53,2	55,2
Спасский		39 002	557	1 411	40 970	59 717	42,3	61,7
Итого по бас-сейну	га	210 387	5 134	8 989	224 510	289 219	—	—
	% от с.-х. у.	38,77	0,95	1,66	41,37	53,3	—	—
	% от ЦЗ	93,71	2,29	4,00	100	—	—	—
	% от ЦЗ+ОЦЗ	72, 74	1,78	3,11	77,63	100	—	—
Итого по краю	га	389 476	8 285	17 272	415 033	611 064	—	—
	% от с.-х. у	18,68	0,46	0,8	19,94	25,69		
	% от ЦЗ	50,7	1,24	2,17	54,1	—	—	—
	% от ОЦЗ+ЦЗ	34,43	0,84	1,47	36,74	47,33	—	—

Примечание. ППП — земли, обладающие повышенным потенциалом плодородия 90 и более баллов бонитета и высокой нормативной стоимостью, ВКО — земли с высокой кадастровой оценкой (выше средней на 20% от среднерайонной), КАХОП — поля комплексного агрохимического окультуривания почв, ЦЗ — ценные земли.

и подлежат особой охране. Изъятие (выкуп) особо ценных и ценных земель для использования их в несельскохозяйственных целях ограничивается и допускается только в исключительных случаях [4]. Поэтому при переводе земель из категории сельскохозяйственного назначения в другую категорию необходимо знать, принадлежит ли земельный участок к категории особо ценных или ценных земель.

Учет и оценка земельных ресурсов различного уровня плодородия позволит не только более эффективно использовать земли применительно к природно-климатическим и хозяйственным условиям той или иной территории, но и внедрить экономические методы управления. Поэтому выделение особо ценных и ценных земель и установление их границ является одним из этапов работ по проведению их кадастровой оценки с целью дальнейшего обоснования земельного налога, арендной платы и других платежей при сделках с земельными участками.

Литература

1. Атлас особо ценных и ценных земель сельскохозяйственного назначения. Масштаб 1: 100 000 / Сост. В.И. Ознобихин, Н.М. Костенков, О.М. Голодная, М.А. Матафонова и др. Владивосток: БПИ ДВО РАН, 2001. 70 л. Архив Отдела почвоведения.
2. Временное положение о регулировании оборота особо ценных и ценных земель сельскохозяйственного назначения. Постановление Думы Приморского края № 883 от 26 декабря 2000 г.
3. Голодная О.М., Костенков Н.М., Ознобихин В.И. Опыт картирования особо ценных и ценных земель сельскохозяйственного назначения в Приморском крае // Проблемы современного землепользования и пути их решения: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. Уссурийск: ПГСХА, 2012. С. 98–102.
4. Земельный кодекс Российской Федерации. М.: Проспект, 2003. 96 с.
5. Земельный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон «Об обороте земель сельскохозяйственного назначения». М.: Т.Д. «Элит-2000», 2002. 80 с.
6. Кадастрово-оценочное зонирование земель сельскохозяйственного назначения Приморского края. Второй этап. Государственная кадастровая оценка земель сельскохозяйственных угодий сельскохозяйственного назначения и фонда перераспределения Приморского края по административным районам и сельскохозяйственным округам. Владивосток: БПИ ДВО РАН, 2001. Т. 2. Кн. 1–28 (порайонные). 702 с., 332 табл., 30 л. карт.; Кн. 29. Заключительный (сводный краевой) отчет. 139 с., 8 табл., 1 лист карт. Приложений 11. Кадастровая карта Приморского края масштаба 1: 500 000. 6 л. (Фонды отдела почвоведения БПИ ДВО РАН и Примкомзема).
7. Карты особо ценных и ценных земель с.-х. назначения по районам Приморского края. Масштаб 1: 25 000 / В.И. Ознобихин, Н.М. Костенков, О.М. Голодная, М.А. Матафонова и др. Владивосток: БПИ ДВО РАН, 2003. Кн. 8. 19 л.; Кн. 9. 11 л.; Кн. 10. 8 л.; Кн. 11. 13 л.; Кн. 14. 12 л.; Кн. 20. 13 л.; Кн. 21. 16 л.; Кн. 23. 11 л.
8. Об обороте земель с.-х. назначения на территории Приморского края. Постановление Думы Приморского края № 781 от 21 июня 2000 г.
9. Об утверждении кадастровой оценки сельскохозяйственных угодий Приморского края. Постановление администрации Приморского края № 179 от 10 июня 2003 г.
10. Разработка проектных предложений по установлению границ территорий особо ценных и ценных земель сельскохозяйственного назначения и определение режима их использования в Приморском крае РФ. Заключительный отчет. Владивосток: БПИ ДВО РАН, 2002. Кн. 8–11, 20–23. 108 с.

ЛАНДШАФТНАЯ СФЕРА БАСЕЙНА ОЗЕРА ХАНКА

Ландшафтные исследования позволяют представить любую территорию в виде выделов, однотипных по сочетанию основных слагающих их компонентов: фундаменту, рельефу, климату, грунтовым водам и характеру верховодки, почвенному покрову, растительности. В последнее время эти представления приобретают серьезное многоплановое практическое применение при комплексной оценке территории, планировании её освоения и рационального использования, разработке мониторинговых мероприятий и ОВОС [1, 8, 13]. Существенное значение ландшафтные характеристики имеют при разработке моделей водного режима.

До XXI в. ландшафтные исследования на водосборной части оз. Ханка не имели систематического научного характера. Они ограничены только общей описательной характеристикой ландшафтов небольших частей или смежных территорий бассейна оз. Ханка и условной их оценкой [3, 6, 7]. Первым успешным опытом изучения ландшафтной структуры Приханкайской равнины и её горного обрамления явилась публикация П.С. Беянина [2]. Однако для общей характеристики ландшафтной сферы выделяемые им местности и урочища являются излишне

детальными. Обобщенная характеристика ландшафтов Приморья представлена Ю.Б. Зоновым [5].

Определяющим этапом в ландшафтных исследованиях всего Приморского края, в том числе водосборной части оз. Ханка, явилось составление карты ландшафтов края в масштабе 1:500 000 в бумажном и электронном варианте [9] и публикация обстоятельной объяснительной записки к карте [10]. В последней представлены такие характеристики индивидуальных ландшафтов, как площадь каждого ландшафтного выдела, глубина залегания кровли коренного фундамента, коэффициент расчленения, дана общая географическая привязка местоположения вида ландшафта.

Цель данной публикации — на основе выше рассмотренных исследований и публикаций представить сводную характеристику ландшафтной сферы только водосборной части бассейна оз. Ханка. Для этого опубликованные общие данные нами сведены в табл. 4.7, а характеристика ландшафтов дана на уровне видов в табл. 4.8.

Ландшафтная сфера бассейна оз. Ханка сформировалась в зоне перехода от западного макросклона горной системы Сихотэ-Алинь (Западно-Сихотэ-Алинской провинции) к Уссури-Ханкайской равнине (Уссури-Ханкайской провинции). На западе эта территория граничит с Восточно-Маньчжурской ландшафтной провинцией [12]. Соотношение площадей подклассов ландшафтов по территории бассейна следующее: горно-лесной — 45,5% (из него мелкосопочный 16,1%), лесостепной и лесолуговой равнинный и долинно-речной — 54,5%, на горно-долинный рельеф приходится 1,4% от общей площади бассейна. Если проанализировать число выявленных видов ландшафтов, то из общего их количества 157 шт. 58% приходится на горные, 42% на равнинные. Из горных на низкогорные и мелкосопочные приходится примерно по 29% от общего количества. Среди равнинных горно-долинные составляют 3,2%, долинно-равнинные — 11%, равнинные — 28% от общего числа видов. При средней площади контура вида ландшафта в 94 км² минимальный контур представлен 2,2 км², максимальная площадь достигает 1632 км² (11% от общей площади бассейна).

Устойчивость ландшафта определяется коэффициентом его расчленения. Для бассейна оз. Ханка при средней взвешенной по площади его величине 3,3 км/км² минимальные и максимальные величины составляют соответственно 1,1 и 7,6 км/км².

Глубина залегания коренного фундамента отражает одну из существенных функций ландшафта — величину формирования зоны грунтовых вод. Эта величина колеблется от менее чем 3 м до диапазона 40–60 м при средней величине по бассейну 30 м.

Развернутая морфометрическая характеристика видов ландшафтов российской части бассейна оз. Ханка представлена в табл. 4.8. Для горного класса глубина залегания коренного фундамента относительно небольшая, в пределах от 3 до 8, реже 20 м. Из семи видов ландшафтов наибольшую площадь занимают низкогорный под широколиственными дубовыми лесами — 2 799 км² (при средней

Таблица 4.7. Общая морфометрическая характеристика ландшафтной сферы российской части бассейна оз. Ханка

№	Параметры		Ед. измерения	Величина
1	Число видов ландшафтов, всего		шт.	157
	В том числе	Горные ландшафты	шт.	91
		низкогорный	шт.	45
		мелкосопочный	шт.	46
		Равнинные ландшафты	шт.	66
		горно-долинные	шт.	5
		долинно-равнинные	шт.	17
		равнинные эрозионно-аккумулятивные	шт.	44
2	Площадь бассейна, общая по ландшафтной карте		км ²	14675,5
	Площадь ландшафтного контура, средняя		км ²	93,5
	То же, минимальная		км ²	2,2
	То же, максимальная		км ²	1632,5
3	Коэффициент расчленения ландшафтного контура, средний		км/км ²	3,3
	То же, минимальный		км/км ²	1,1
	То же, максимальный		км/км ²	7,6
4	Глубина залегания коренного фундамента, средняя		м	30
	То же, минимальная		м	<3
	То же, максимальная		м	40–60

≈350 км²), наименьшую – низкогорный мелколиственных пород – 21,7 км². В роду мелкосопочный наибольшую площадь занимает вид остепненный разнотравный березово-дубовых лесов – 1 116 км² при средней величине контура ≈ 66 км². Коэффициенты расчленения для этих родов умеренные, ввиду их значительной залесенности.

Равнинный класс представлен лесостепным (лесолуговым) равнинным и долино-речным подклассом, равнинным и долино-речным эрозионно-аккумулятивным родом и включает подроды горно-долинный, долинный и долино-равнинный, собственно равнинный. Значительную площадь равнинных территорий занимают

Таблица 4.8. Морфометрическая характеристика видов ландшафтов бассейна оз. Ханка

Индекс по карте В.Т. Старожилова, [9]	Виды ландшафтов	Число контуров ландшафтов	Глубина залегания, м*	Площадь контуров ландшафтов, км ²				Коэффициент расчленения ландшафтов, км/км ²			
				Общая	Средняя	Минимальная	Максимальная	Общий**	Средний***	Минимальный	Максимальный
Класс — Горный											
Подкласс — Горно-лесной											
Род — Низкогорный полисубстратный											
30	Низкогорный с широколиственно-кедровыми лесами на типичных буроземах	8	3—5	541,6	67,7	3,9	246,9	2,1	1,7	1,1	2,6
30	Низкогорный с широколиственно-кедрово-еловыми лесами на подбурях и буроземах оподзоленных	2	3—8	106,2	53,1	46,6	59,6	1,7	1,4	1,5	1,8
34	Низкогорный широколиственный с дубом, липой, кленами	11	3—8	591,8	53,8	10,2	244,6	2,6	1,8	1,2	3,9
36	Низкогорный широколиственный дубовых лесов	8	5—20	2798,9	349,8	5,6	1632,5	3,7	2,2	1,2	4,0
37	Низкогорный разнотравных остепненных дубняков и березняков	4	5—8	151,8	38,0	11,7	65,5	2,0	1,9	1,4	2,3
38	Низкогорный мелколиственных лесов	1	5—8	21,7	21,7	-	-	2,1	2,1	-	-
48	Низкогорный антропогенно трансформированный (АТ)	11	3—8	143,7	13,1	4,7	39,4	1,5	1,4	1,1	2,1
Род — Мелкосопочный полисубстратный											
55	Мелкосопочный дубняковый	4	5—8	123,5	30,9	7,3	57,6	1,5	1,4	1,1	1,6
56	Мелкосопочный остепненный разнотравно-березово-дубняковый	17	5—8	1115,6	65,6	11,6	151,9	2,1	1,7	1,2	2,2
56а	Мелкосопочный разнотравно-березово-дубняковый антропогенно трансформированный	2	8—15	26,7	13,4	2,2	24,5	1,5	1,3	1,1	1,5
57	Мелкосопочный широколиственно-лесной АТ	3	< 10	58,8	19,6	5,1	38,1	1,9	1,7	1,3	2,1
58	Мелкосопочный луговых степей и остепненных лугов АТ	20	< 8	1066,5	55,4	7,1	343,3	2,3	1,7	1,1	2,8

Окончание табл. 4.8

Класс – Равнинный													
Подкласс – Лесостепной равнинный и долинно-речной													
Род – равнинный и долинно-речной эрозионно-аккумулятивный													
Подрод – Горно-долинный													
69	Горно-долинный широколиственно-кедровый	1	<3	17,4	17,4	-	-	2,2	2,2	-	-	-	-
74	Горно-долинный дубово-березово-разнотравный	3	10–20	158,8	52,9	13,5	114,5	2,1	2,6	1,8	3,0	-	-
84	Горно-долинный АТ на месте широколиственных лесов	1	<40	24,6	24,6	-	-	1,5	1,5	-	-	-	-
Подрод – Долинный и долинно-равнинный эрозионно-аккумулятивный													
70	Долинный широколиственный с ильмом и ясенем	3	<20	178,3	59,4	12,2	147,1	1,7	1,7	1,4	1,9	-	-
83	Долинно-равнинный луговой осоково-вейниковый	1	<10	193,2	193,2	-	-	4,8	4,8	-	-	-	-
84	Долинно-равнинный антропогенно трансформированный	12	10–60	1572,8	131,1	14,6	510,8	2,4	2,3	1,2	3,5	-	-
85	Долинно-равнинный АТ на месте широколиственных лесов	1	<60	26,5	26,5	-	-	1,5	1,5	-	-	-	-
Подрод – Равнинный эрозионно-аккумулятивный													
79	Равнинный долинный широколиственный с ильмом и ясенем	1	5–20	27,7	27,7	-	-	2,6	2,6	-	-	-	-
82	Равнинный ольховый вейниково-разнотравный	1	<10	49,7	49,7	-	-	2,1	2,1	-	-	-	-
83	Равнинный кустарничковый злаково-разнотравный	1	<60	129,6	129,6	-	-	2,1	2,1	-	-	-	-
83a	Равнинный суходольный луговой разнотравно-вейниковый	3	<60	317,2	105,7	11,0	242,4	1,6	1,6	1,3	1,8	-	-
87	Равнинный лугово-степной разнотравно-злаковый	11	5–60	1434,0	130,4	7,9	567,4	5,6	3,6	1,7	7,6	-	-
86	Равнинный АТ на месте луговых степей, остепненных лугов	18	20–60	2118,0	117,7	8,2	561,4	2,7	1,9	1,4	3,4	-	-
88	Равнинный луговой вейниково-осоково-торфянистый	6	40–60	1419,1	236,5	8,3	701,2	4,5	2,8	1,2	5,8	-	-
	Равнинный болотный осоково-торфянистый	6	<60	415,9	69,3	3,5	195,8	2,2	1,8	1,1	2,9	-	-
	Сводные данные	157	3–60										

Примечания. * Глубина залегания кровли фундамента коренных пород. Коэффициент расчленения ландшафтов: ** Общий – средневзвешенный, *** Средний – средний арифметический.

Таблица 4.9. Ежегодный баланс многолетнего стока взвешенных наносов в оз. Ханка

Составляющие баланса	Ед. измерения	Величины	
		физич.	%
Суммарный объем стока по всем впадающим рекам (приход)	тыс. т/год	93,71	100
Вынос рекой Сунгача (расход)	тыс. т/год	19,87	21,2
Аккумуляция в ложе озера	тыс. т/год	73,84	78,8

антропогенно трансформированные ландшафты ввиду сельскохозяйственной и селитебной освоенности территории этой части бассейна.

Определенный интерес представляет баланс твердого стока (взвешенных наносов) как результирующая величина денудации и эрозии ландшафтов на современном этапе состояния ландшафтной сферы бассейна. Составленная по данным Старожилова и др. [14], Шеина, Дербенцевой, Старожилова и др. [17] табл. 4.9 указывает на то, что почти 80% твердого стока аккумулируется в оз. Ханка.

В заключение отметим, что полученные результаты исследований морфологии и внутреннего содержания ландшафтной сферы оз. Ханка представляются нами морфологической ландшафтной основой разработки рационального природопользования, экологической (в широком смысле термина) оценки территории и, в частном случае, индикации эрозионно-денудационных систем в связи с направленным целевым изучением факторов, по нашему мнению, циклического изменения водного баланса оз. Ханка.

Литература

1. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий: метод. руководство / под ред. акад. В.И. Кирюшина, А.Л. Иванова. М.: Росинформагротех, 2005. 784 с.
2. Беянин П.С. Особенности ландшафтной структуры Приханкайской равнины и её горного обрамления // География и природные ресурсы. 2009. № 9. С. 112–116.
3. Василенко Л.П., Ознобихин В.И. Ландшафты юго-западной части Приморья и их сельскохозяйственная оценка // Мелиорация земель Приморского края. Владивосток: Союздальгипроприс, 1980. С. 182–191.
4. Дербенцева А.М., Нестерова О.В., Степенкова А.И. и др. Источники и особенности седиментогенеза дальневосточного побережья Японского моря. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2009. 104 с.
5. Зонов Ю.Б. Ландшафты Приморского края // Вопросы географии и геоморфологии советского Дальнего Востока. Владивосток, 1991. С. 3–17.
6. Ознобихин В.И. Опыт ландшафтного разделения северной части бассейна р. Суйфун (Раздольной) и сопредельных территорий // Материалы 5-й науч. конф. Уссурийск: Приморский с.-х. ин-т, 1966. С. 20–21.
7. Сарамутов В.А., Ознобихин В.И. Сравнение почвенных и ландшафтных исследований для целей садоводства (на примере Синегайского совхоза) // Науч. конф., посвящен. 50-летию Великой Октябрьской социалистической революции. Уссурийск: Приморский с.-х. ин-т, 1967. С. 42–44.
8. Старожилов В.Т. Общее ландшафтоведение и использование ландшафтного подхода в экологическом мониторинге природопользования. Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2011. 286 с.
9. Старожилов В.Т. Карта ландшафтов Приморского края масштаба 1:500 000. Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2012а. 3 л. А0.
10. Старожилов В.Т. Объяснительная записка к карте ландшафтов Приморского края масштаба 1: 500 000. Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2012б. 368 с.
11. Старожилов В.Т. Ландшафтная география Приморья. Кн. 1. Регионально-компонентная специфика и пространственный анализ геосистем. Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2013а. 276 с.
12. Старожилов В.Т. Ландшафтная география Приморья. Кн. 2. Районирование. Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2013б. 292 с.

13. Старожилов В.Т. Ландшафтная география Приморья. Кн. 3. Вопросы практики. Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2014. 200 с.
14. Старожилов В.Т., Дербенцева А.М., Ознобихин В.И. и др. Ландшафтные условия развития эрозионно-денудационных процессов юга Дальнего Востока. Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2008. 100 с.
15. Старожилов В.Т., Суржик М.М., Ознобихин В.И. К разработке агроландшафтных систем земледелия применительно к югу Дальнего Востока // Агротехнологии в мировом земледелии. Глобальные тенденции и региональные особенности: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Уссурийск: Приморская ГСХА, 2014. С. 204–213.
16. Тур А.С., Амачаев В.П., Ознобихин В.И. и др. К особенностям природных условий и мелиоративному районированию бассейнов оз. Ханка и реки Сунгач // Избыточно увлажненные почвы Дальнего Востока и их мелиорации. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1970. Вып. I. С. 7–14.
17. Шенин Е.В., Дербенцева А.М., Старожилов В.Т. и др. Развитие процессов деградации почв в ландшафтах водосбора бассейна оз. Ханка. Владивосток: Изд-во ДВФУ, 2012. 184 с.

КОЛЕБАНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ В ОЗЕРЕ ХАНКА В СВЯЗИ С ИЗМЕНЕНИЯМИ БАЗИСА ЭРОЗИИ РЕК СУНГАЧА И УССУРИ

Озеро Ханка – самое большое по площади озеро на российском Дальнем Востоке, и уровень воды в нем зависит от ряда факторов, в том числе от величины стока через трансграничные участки рек Сунгача и Уссури.

Эти реки имеют существенные различия по своему происхождению, гидрологическому режиму, физико-географическому положению. Общим является только то, что они текут в северном направлении, что сказывается на формировании их флювиального рельефа, в тенденции разрушения правого (российского) берега и накоплении твердых осадков у левого (китайского) берега. Эти процессы являются естественными и непрерывными, но в последние десятилетия на них оказывают все большее воздействие факторы антропогенного происхождения (изъятие части водного стока для целей ирригации, появление шлейфов взвеси и накопление твердых осадков на дне рек в результате строительства каналов и добычи полезных ископаемых и др.).

Изучение немногочисленных описаний, физико-географических карт, составленных в разное время, а также недавних космических снимков рек Сунгача и Уссури позволяет сделать некоторые выводы, имеющие отношение к изменению уровня воды в оз. Ханка, а также предложить основные пути решения проблемы по стабилизации уровня воды в озере.

Как известно, уровень воды в оз. Ханка никогда не оставался стабильным и постоянно изменялся. Данные о ежегодных изменениях уровня оз. Ханка регулярно начали собираться с 1940 г., и охватывают период в 75 лет. Они свидетельствуют о довольно сильных колебаниях среднегодового уровня в пределах 2,4 м. При этом отмечено два примерно одинаковых минимума – в 1952 и 1980 гг. и 4 максимума – в 1948, 1975, 1995 и 2015 гг. Во время максимума уровень воды имел различные значения, в пределах 0,8 м, из которых последний (2015 г.) был самым большим, превышающим примерно на 0,5 м максимальное значение в 1975 г. Существуют и меньшие амплитуды колебания уровня воды с периодичностью от 6 до 12 лет.

При таких колебаниях повышение уровня воды в оз. Ханка обычно происходило более медленно, чем его падение. Например, с 1975 по 1980 г. уровень моря упал на 1,8 м, тогда как последнее повышение уровня на 1,2 м произошло за более продолжительный период — с 2005 по 2015 г., или за 10 лет.

Очевидно, что уровень воды в озере зависит прежде всего от величин и скорости поступления воды в озеро (атмосферные осадки, речной сток) и истока через единственную р. Сунгача, интенсивности испарения воды со всей водосборной площади, а также от величины суммарного отбора воды через ирригационные каналы. К сожалению для расчетов водного баланса и прогнозирования изменений его уровня существующих данных недостаточно, т.к. нет достоверной информации о величинах отбора воды из озера для ирригационных целей.

В оз. Ханка существуют суточные и среднемесячные колебания уровня воды, связанные с приливами и отливами, которые трудно зафиксировать ввиду наложения на них ветровых или сгонно-нагонных явлений, и непрерывно изменяющегося речного стока, выпадения атмосферных осадков и др. Вероятно, такие среднесуточные приливо-отливные колебания составляют всего лишь несколько сантиметров, а среднемесячные не превышают 10 см.

Резкие многолетние изменения уровня воды в озере, когда в течение 4–10 лет уровень воды растет или падает на 1 м и более (0,3–0,5 м за год), могут также свидетельствовать о нарушении местного базиса эрозии р. Сунгача. Так, как правило, постепенное повышение уровня воды в озере может говорить о накоплении аллювиальных отложений в русле реки, а резкое понижение уровня воды — о прорывных явлениях в меандрах реки. На этом остановимся более подробно.

Озеро Ханка находится в котловине Уссури-Ханкайской впадины, и в его относительно недавней геологической истории самый низкий уровень воды, вплоть до полного исчезновения этого водоема, охватывал значительный период (от 8 до 3 тыс. л. н.), что связано с разрушением аллювиальной плотины, существовавшей на месте слияния рек Уссури и Мулинхэ [2]. Примерно современные границы озера приобрело только за последние 3 тыс. лет. Это было установлено бурениями серии скважин в Лузановом заливе озера и в наиболее глубокой котловине, где в датированных осадках установлен хорошо выраженный стратиграфический перерыв.

Позднеголоценовая трансгрессия, начавшаяся в суббореале, показывает также тесную связь режима аккумуляции осадков и положения уровня воды в озере с климатической ритмикой позднего плейстоцен-голоцена [2]. Она характеризуется наличием озерной террасы высотой в несколько метров, а также подтверждается расположением некоторых археологических памятников раннего железного века и средневековья и материалами их раскопок (Лузанова сопка, Майское городище, Синий Гай и др.). Эти памятники расположены относительно далеко от современного побережья и значительно выше уровня воды, но содержат остатки водной фауны (кости рыб, раковины моллюсков и др.) и артефакты, связанные с их добычей [1, 4 и др.]. Кроме того, на старинных картах, относящихся к позднему средневековью, береговая линия оз. Ханка имела иные очертания, особенно в районе р. Сунгача, где, вероятно, существовал большой залив.

Русло р. Сунгача, по которому осуществляется сток воды из оз. Ханка, очень извилистое и этим отличается от русла р. Уссури. На это обращали внимание первые путешественники по Уссурийскому краю, которые сплавливались по этим рекам, поскольку таким путем в те времена в основном и осуществлялась связь южных районов края с северными территориями. Так, Николай Пржевальский, путешествовавший по Уссурийскому краю в 1867–1869 гг. пишет: «...едва ли можно найти другую реку, которая бы так прихотливо изломала бы свое русло и образовала столько частых и крутых извилин, как Сунгача» [3, с. 29].

На топографических картах и снимках из космоса сильное меандрирование р. Сунгача на всем ее протяжении хорошо видно (рис. 4.1). Поэтому, если расстояние между истоками и устьем р. Сунгача составляет около 80 км по прямой, то за счет извилистости реки ее фактическая длина увеличивается в несколько раз. Сильное меандрирование рек, как известно, характерно для тех участков реки, которые протекают по равнине и имеют минимальный перепад по высоте, составляющий всего лишь несколько сантиметров на один километр ее длины.

Действительно, если высота уровня воды в оз. Ханка и в истоках р. Сунгача составляет около 64 м над уровнем моря (по результатам альтиметрических измерений), то в устье реки она всего лишь на 1 м меньше. То есть на 1 км длины реки разница в уровнях воды составляет около 0,3–0,5 см. При относительно небольшой ширине реки (от 30 до 50–60 м) она имеет сравнительно большую глубину, в среднем около 3–3,5 м. В основном именно за счет этого и осуществляется сток из оз. Ханка, т.к. уровень дна в р. Сунгача заметно ниже уровня дна в оз. Ханка в районе истоков реки. Это создает условия для относительно небольшой скорости течений в р. Сунгача (около 0,5 м/с).

Совершенно иной характер русла у р. Уссури, в которую впадает р. Сунгача (рис. 4.2).

На топографических картах и космических снимках хорошо видно, что участок низовьев р. Уссури от места впадения в нее р. Сунгача и до устья имеет извилистый характер, но меандрирование реки не столь сильно выражено. Здесь река имеет относительно большую ширину, многочисленные старицы и песчаные острова, свидетельствующие об отложении осадков. Длина этого участка реки почти в 10 раз больше длины р. Сунгача по прямой. Однако фактическая длина этих рек, с учетом изгибов, имеет небольшие отличия.

Большая величина стока р. Уссури, а также характерный тип ее меандрирования объясняются относительно большой разницей в уровнях воды. Если в месте впадения в нее высота над уровнем моря, как указано выше, составляет около 63 м, то в устье она составляет около 30 м. Разница в уровнях составляет порядка 33 м, и на 1 км длины реки перепад в уровнях воды будет около 5–6 см.

Таким образом, различный характер меандрирования рек Сунгача и Уссури, а также большая разница в уровнях в их истоках и устьях свидетельствуют о существенных различиях в гидрологическом режиме этих рек, тесно связанных с их базисами эрозии. Даже при незначительных колебаниях уровня воды в оз. Ханка прежде всего изменяется базис эрозии р. Сунгача. При повышении уровня воды величина стока приводит к увеличению скорости течения, что для равнинной



Рис. 4.1. Характерный тип меандрирования р. Сунгача в ее низовьях



Рис. 4.2. Характерный тип меандрирования р. Уссури

реки чревато спрямлением ряда ее участков, где берега меандра находятся на минимальном расстоянии друг от друга. Появляется перехват этого участка меандра с отчленением ее участка и образованием старицы. При понижении уровня воды такое обычно не происходит.

В этом случае в низовьях р. Усури происходит более интенсивное накопление твердых осадков (ила, песка, гравия), приводящее к образованию многочисленных кос и островов.

Изучение космических снимков русла р. Сунгача выявило, по крайней мере, три точки перехвата русла реки в меандрах только на российской территории. Первый, наиболее молодой из них, находится всего лишь в нескольких километрах от истока р. Сунгача. Он имеет следующие координаты: $42^{\circ}01'58.43''$ с.ш., $132^{\circ}54'27.03''$ в.д. и 68 м над уровнем моря (рис. 4.3). В этом месте уровень воды в реке превышает уровень воды в оз. Ханка примерно на 3–4 м, что свидетельствует о существовании серьезного препятствия для стока воды из озера.

Судя по снимку, прорыв русла р. Сунгача в этом месте еще не завершен, и основная часть воды идет по существующему меандру, но при продолжении повышения уровня озера примерно на 0,2–0,5 м, русло пойдет по новому пути. Это будет способствовать понижению уровня воды в озере при условии не только прорыва перешейка, но и при отсутствии других серьезных препятствий.

Второй, уже завершившийся перехват меандра р. Сунгача находится вблизи ее устья или недалеко от впадения ее в р. Усури. Его координаты: $45^{\circ}02'23.19''$ с.ш. и $132^{\circ}59'23.56''$ в.д., высота над уровнем моря 67 м (рис. 4.4). Здесь уровень воды в р. Сунгача также примерно на 2–3 м выше, чем в оз. Ханка. Вероятно, в месте полного прорыва перешейка в реке еще имеется препятствие для стока воды, возможно в виде подводного порога, и часть воды еще проходит по старому меандру.



Рис. 4.3. Перехват меандра р. Сунгача в нескольких километрах от истока из оз. Ханка на начальном этапе (фото 2014 г.)



Рис. 4.4. Перехват меандра р. Сунгача вблизи ее устья или места впадения в р. Уссури на стадии завершения прорыва перешейка (фото 2014 г.)

На фото хорошо видна сформировавшаяся поперек реки каменистая пересыпь (дамба), а также каменистая отмель и обнажившиеся в старом русле реки камни. Возможно, что только в период половодий через старый меандр проходит лишь часть воды р. Сунгача.

Судя по всему, можно предполагать, что в этой части перехват меандра или существенный прорыв р. Сунгача произошел около 20 лет назад, что могло привести к понижению уровня воды в оз. Ханка примерно на 1,0 м.

Третий перехват меандра р. Сунгача находится в средней части этой реки. Его координаты: 45°01'51.32" с.ш. и 132°55'53.76" в.д., 68 м над уровнем моря (рис. 4.5). Несмотря на значительную удаленность от оз. Ханка, уровень воды здесь на 3–4 м выше, чем в озере, что свидетельствует о препятствии для пропуска воды в этом месте.

На фото хорошо видно, что на левом берегу р. Сунгача к этому месту подходят несколько каналов, отбирающих часть воды, как из самого русла реки, так и из образовавшейся старицы, имеющей слабую связь с рекой, в которой находится непроточная вода. Видно также, что от китайского берега к месту перехвата протянулась дамба, вероятно искусственного происхождения, перекрывающая старое русло. Таким образом, старица превращена в своеобразный отстойник воды, из которого она идет на полив близко расположенных сельскохозяйственных полей.

Судя по всему, этот перехват или практически полное прерывание связи старицы с рекой произошел относительно давно, возможно в середине 1970-х или в начале 1980-х годов, когда в узком месте меандра с китайского берега началась отсыпка каменистой дамбы. Это сделано в целях укрепления берега в месте водозабора воды из р. Сунгача, поступающей в ирригационные каналы.



Рис. 4.5. Перехват меандра в среднем течении р. Сунгача на завершившейся стадии при антропогенном воздействии — строительстве канала (фото 2014 г.)

Таким образом, подъем уровня воды в оз. Ханка, скорее всего, связан с нарушением местного базиса эрозии р. Сунгача в результате перехватов меандров этой реки на всем ее протяжении, поднявшем уровень воды в реке на 2–3 м выше уровня воды в озере.

Очевидно, что для ликвидации своеобразных «порогов», сформированных в ходе перехватов меандров р. Сунгача, и для улучшения стока воды из оз. Ханка необходимо провести дноуглубительные работы и расширение русла в этих местах реки. Это позволит понизить базис эрозии реки, который в последние годы повысился и, вероятно, продолжает расти за счет накопления аллювиальных отложений в ее русле.

Однако базис эрозии р. Сунгача не ограничивается только руслом самой реки, но и продолжается в р. Уссури, в которую она впадает. Низовья р. Уссури, от устья р. Сунгари и до ее впадения в Амур, имеют протяженность свыше 1 тыс. км, а разница в уровнях воды составляет всего лишь около 30 м. Поэтому любые, даже незначительные, препятствия для прохода воды оказывают воздействие на базис эрозии этих рек и уровень воды в оз. Ханка.

Наиболее серьезным препятствием для свободного пропуска воды является устье р. Уссури, где на протяжении последних тысячелетий за счет накопления делювиальных отложений сформировалась дельта, состоящая из многочисленных протоков и намывных островов, создающих архипелаг. До демаркации границы в конце XX в. все крупные острова (Большой Уссурийский, Тарабаров и др.) и протоки являлись российской территорией и не подвергались серьезному антропогенному воздействию. После передачи Китаю территорий о. Тарабаров и западной части о. Б. Уссурийский, полностью протоки Казакевича, через которую ранее осуществлялся основной сток р. Уссури, произошли и продолжают осуществляться

серьезные строительные работы, оказывающие воздействие на гидрологический режим р. Уссури.

На космических снимках, сделанных в 2011 г., или через десять лет после переноса границы между Россией и Китаем, хорошо заметны эти изменения. Так, протока Прямая между островами Б. Уссурийский и Тарабаров была перегорожена дамбой, и сток воды через эту протоку прекратился (рис. 4.6). Координаты этой дамбы: $48^{\circ}22'52.62''$ с.ш. и $134^{\circ}35'24.44''$ в.д., уровень воды — 31 м над уровнем моря.

Другим препятствием для прохода воды в устье р. Уссури является сужение входа ее воды в старое русло — протоку Казакевича, между о. Б. Уссурийский и левым берегом протоки, вдоль которого проходила ранее (до демаркации) граница между Россией и Китаем.

Во-первых, в устье р. Уссури, где ее воды протекают по двум большим протокам Казакевича и Амурской, с китайской стороны было сооружено препятствие для ее входа в протоку Казакевича (рис. 4.7). Вероятно, оно сооружено из крупных валунов и бетонных блоков с целью поворота речного русла и направления основного потока воды из р. Уссури в протоку Амурскую, протекающую возле г. Хабаровска. Координаты этого сооружения: $48^{\circ}16'30.70''$ с.ш. и $134^{\circ}42'57.29''$ в.д., уровень воды 30 м над уровнем моря. В связи с этим также возросла вероятность затопления низовий г. Хабаровска во время наводнений, и возникла необходимость строительства берегоукрепления.

Кроме того, китайцами построен мост через протоку Казакевича на о. Б. Уссурийский, устои которого также создают препятствие для более свободного



Рис. 4.6. Дамба, построенная китайцами на протоке Прямой между островами Большой Уссурийский и Тарабаров, перекрывающая проход воды из р. Уссури в Амур



Рис. 4.7. Берегоукрепление с китайской стороны в устье р. Уссури и строительство моста через протоку Казакевича, препятствующие стоку реки в р. Амур

прохода воды из р. Уссури в р. Амур (рис. 4.7). Координаты моста: $48^{\circ}17'08.00''$ с.ш. и $134^{\circ}40'54.07''$ в.д. Необходимо также иметь в виду, что как с китайской, так и с российской стороны существуют планы строительства капитальных мостов через протоки Казакевича и Амурскую, что лишь усугубит сложившуюся ситуацию, т.к. нарушит гидрологический режим в бассейне р. Уссури, включая оз. Ханка.

Таким образом, искусственное сужение устья р. Уссури, перекрытие проток и создание препятствий для прохода воды в ее дельте привело к нарушению местного базиса эрозии в р. Уссури, ее притоке р. Сунгача, что отразилось в целом на повышении уровня воды в оз. Ханка. Скорее всего, уровень воды в оз. Ханка будет повышаться и в дальнейшем, так как антропогенное воздействие на водный режим ее бассейна и рек, по которым осуществляется сток воды из озера, продолжается с возрастающей интенсивностью. И если в настоящее время под воду ушли в основном прибрежные участки, то с подъемом воды еще на 2–3 м под водой окажутся многие населенные пункты.

Очевидно, что для уменьшения интенсивности подъема уровня воды в озере и, тем более, для его снижения, необходимо увеличить сток, с которым уже давно не справляется р. Сунгача. Расчистка или углубление ее русла, как показано выше, не даст заметного эффекта, так как уровень воды в местах истока (в озере) и впадения р. Сунгача в р. Уссури практически одинаков или эти различия крайне малы – около 1 м. В самой же реке существует несколько препятствий в виде промытых рекой перехватов, которые также сдерживают сток, и в этих местах уровень воды даже выше, чем в озере. Кроме того, при спрямлении и дноуглублении русла трансграничной реки могут возникнуть территориальные проблемы, вынужденные осуществить очередную демаркацию границы.

Строительство ирригационного канала, параллельного основному направлению р. Сунгача на российской территории, также не даст никакого заметного эффекта, все по той же причине — разница в уровнях воды в озере и в р. Уссури вблизи впадения в нее р. Сунгача минимальная.

Как известно, площадь водного зеркала оз. Ханка составляет 4380 км², а объем воды в норме колеблется в пределах от 18 до 26 км³ [5]. Мелководность озера (максимальная глубина 11 м, средняя — около 4 м) и наличие многочисленных заболоченных участков побережья и ирригационных каналов говорит о том, что основной объем воды находится в самых верхних его слоях. Поэтому для снижения уровня воды в озере на 1 м в течение года потребуется увеличение стока до 8–10 км³ воды за год или порядка 1 млн кубометров воды за сутки.

Сброс воды из оз. Ханка, уровень которого находится на высоте около 64 м над уровнем моря, в настоящее время осуществляется в Охотское море через систему нескольких крупных рек (Сунгача, Уссури, Амур) и Амурский лиман, общая протяженность которых превышает 1 тыс. км. С другой стороны, значительно ближе к оз. Ханка (всего лишь около 150 км) находится Японское море, а до водораздела двух бассейнов расстояние еще меньше (около 50 км).

Поэтому, по нашему мнению, имеет смысл рассмотреть возможность сброса части воды из оз. Ханка по существующему каналу и специально построенному акведуку в бассейн Японского моря. Для этого может быть использован существующий канал, который проходит от озера по долине р. Илостой до района сел Халкидон и Сибирцево, уровень воды в котором практически такой же, как в оз. Ханка. Далее, до водораздела с бассейном р. Раздольной, по системе существующих водоемов, в том числе искусственного происхождения, необходимо будет увеличить длину ирригационного канала, общая протяженность которого не будет превышать 30 км. И, наконец, на самом водоразделе, на протяжении около 1–2 км, сброс воды можно осуществить через акведук (тоннельного типа) или трубы большого диаметра. Конечно, такой проект потребует всесторонней более детальной проработки, в том числе с учетом использования сбрасываемой ханкайской воды для нужд сельского хозяйства и промышленности, развивающейся в создаваемой экономической зоне «Свободный порт Владивосток» на юге Приморского края.

Литература

1. Бродянский Д.Л. Синий Гай. Поселение неолита и бронзового века в Приморье. Владивосток: Издательский дом Дальневост. федерал. ун-та, 2013. 207 с.
2. Короткий А.М. Изменение климата и колебаний уровня озера Ханка в голоцене // Дальний Восток России: география, гидрометеорология, геоэкология: материалы седьмой научной конференции «К всемирным дням Воды и Метеорологии», Владивосток, 21–22 марта 2006 г. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2007. С. 44–47.
3. Пржевальский Н.М. Путешествие в Уссурийском крае 1867–1869 // Путешествие в Центральной Азии. М.: Эксмо, 2008. 512 с.
4. Раков В.А. Моллюски из средневековых археологических памятников Приморья // Археология и культурная антропология Дальнего Востока и Центральной Азии. Владивосток: ДВО РАН, 2002. С. 200–203.
5. Amur-Heilong River Basin Reader. Hong Kong: Ecosystem Ltd., 2008. 426 p.

БАССЕЙН РЕКИ КОМИССАРОВКА КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ ОБЪЕКТ ООПТ

Развитие системы охраняемых территорий в Приханковье — одна из наиболее актуальных задач по оптимизации современной сети ООПТ в бассейне Амура и на юге российского Дальнего Востока. Это обусловлено, с одной стороны, высоким уровнем и уникальностью биологического разнообразия животного и растительного мира в Приханковье, а с другой — нарастающей антропогенной трансформацией ценных природных комплексов этой территории. Система охраняемых территорий в Приханковье нуждается не только в изучении биоты на уже существующих ООПТ, но и в научно обоснованных рекомендациях по ее развитию. Особенную сложность в этом вопросе представляет высокая степень сельскохозяйственного освоения естественных местообитаний Приханковья, занятых, с одной стороны, растительными сообществами степного, лугово- и лесостепного характера, а с другой — водно-болотными и прибрежно-водными группировками в прибрежьях и вдоль русел водотоков, входящих в бассейн оз. Ханка. Верхний и средний участки бассейна р. Комиссаровка особенно интересны для создания здесь ООПТ типа заказника или природного парка с целью охраны уникальных природных экосистем и ландшафтов и связанных с ними видов растений и животных, многие из которых являются редкими, реликтовыми или исчезающими, а также для сохранения популяций видов, занесенных в Красные книги МСОП, России и Приморского края.

Бассейн р. Комиссаровка расположен в западном Приханковье, в Пограничном и Хасанском районах и до последнего времени остаётся относительно хорошо сохранившимся природным участком, одним из «последних оплотов» девственной природы, чему способствовало долгое сохранение в данном районе режима пограничной территории. В настоящее время, характеризующееся свободой передвижения и вседозволенностью, уже не составляет труда свободно проникать на территорию бассейна реки, осуществлять хозяйственную деятельность. Кроме того, здесь расположено некоторое число охотхозяйств, чья деятельность может негативно сказаться на окружающей среде, биоразнообразии, нарушении целостности популяций и экосистем. Программа «Дальневосточный гектар» также может сыграть свою негативную роль в нарушении уникальных ландшафтов и экосистем данного района. Введение специального охранного режима в бассейне реки, особенно в районе верхнего и среднего участков, позволит сохранить богатый животный и растительный мир и ценные природные комплексы данной территории. С целью подготовки эколого-экономического обоснования по созданию ООПТ в районе бас. р. Комиссаровка группа учёных из Биолого-почвенного института ДВО РАН и Тихоокеанского института географии ДВО РАН проанализировала материалы по целевой территории, которые изложены здесь в краткой форме.

Физико-географическая характеристика района

Бассейн р. Комиссаровка расположен на восточном склоне хребта Пограничный (отроги Восточно-Маньчжурских гор) (44°50'25" с.ш., 130°59'14" в.д.— 44°49'53" с.ш., 132°03'31" в.д.). Хребет Пограничный служит разделяющей чертой российской

территории и Китая и является северным продолжением китайского хребта Му-линвоцзилин. Восточная окраина территории занята предгорной частью Уссурийско-Ханкайской равнины, представляющей собой мелкосопочник с отдельными небольшими вершинами высотой не более 250 м. Здесь, на слиянии рек Молоканка и Нестеровка, находится самая низкая точка района — 85 м. Западные берега оз. Ханка в Пограничном районе несут гористый характер, однако горы здесь идут в некотором отдалении от озера и только в двух местах — между устьями рек Тур и Усачи и к югу от устья Комиссаровки подходят волнообразными возвышенностями к самому берегу озера, оканчиваясь песчаниковыми и глинистыми обрывами вышиною от 20 до 50 м. Территория междуречья Комиссаровки и Нестеровки в отдалении от озера практически нетронута антропогенной деятельностью, во многом сохранившая первозданную целостность.

Река Комиссаровка (Пенча, Синтухэ, Синтухе, Синтуха). Длина — 162 км, площадь водосбора — 2310 км², общее падение — 852 м. Основные притоки: р. Мраморная (правый, длина 42 км) и р. Пограничная (левый, длина 44 км). Река берет свое начало на восточном склоне хребта Пограничный, впадает в оз. Ханка с запада, относится к горно-равнинным водотокам: до с. Ильинка (25 км от устья) она протекает среди гор, а ниже — по Приханкайской равнине. Бассейн р. Комиссаровка расположен в Пограничном и Ханкайском районах Приморского края.

Естественный режим реки нарушен (в основном в нижнем течении) из-за наличия большого количества оросительных систем, использовавшихся для рисосеяния. В 1960-е годы на реке было сооружено небольшое водохранилище, из которого осуществлялся водозабор на хозяйственные нужды. Температура воды переходит через 0,2 °С весной в начале апреля, осенью — в середине ноября. Ледостав отмечается в середине ноября, средняя продолжительность его 140 дней. На участке исток—село Дворянка отдельные перекаты не замерзают всю зиму.

Почвенный покров

Почвенный покров района представлен различными типами почв и формируется на двух геоморфологических элементах рельефа. Первый — это склоны и вершины сопок, где расположены буроземы типичные, оподзоленные, буро-отбеленные, буроземно-луговые типичные и отбеленные, буроземы темногумусовые, дерново-буроподзолистые и агротемногумусовые подбелы глеевые типичные. Вторая группа почв формируется на террасах и поймах различного уровня. Это разнообразные аллювиальные почвы, поймоземы и агроземы: торфянисто- и торфяно-глеевые, перегнойно-глеевые [27].

Горно-лесные склоновые лиственные и широколиственные ландшафты заняты широким спектром буроземов и буро-отбеленных почв с различной мощностью гумусовых горизонтов, но всегда со средне- или сильнокаменистым профилем.

На вершинах и склонах увалов расположены буроземы оподзоленные (самый распространенный в районе тип почв), буроземы типичные и буро-отбеленные, особенно в нижних частях склонов увалов. Различные уровни склонов гор, вершины увалов и межуvalных пространств представлены многообразием почв:

буро-отбеленными, буроземами темногумусовыми, буроземами текстурно-метаморфическими глееватыми, агроземами текстурно-метаморфическими глееватыми, агробуроземами.

На равнинах и низменных участках преобладают почвы, развитые на озерно-речных отложениях. Надпойменные террасы заняты остаточно-пойменными почвами, по механическому составу представляющими собой легкий суглинок. На поймах рек, заливаемых паводковыми водами, встречаются поймоземы слоистые и поймоземы остаточные, по составу — тяжелые суглинки. Почвообразующие породы обоих типов почв — аллювиальные отложения. Долины рек, сложенные аллювиальными отложениями различного состава, занимают поймоземы слоистые и остаточные, аллювиальные серогумусовые типичные и глееватые. Как правило, пойменные почвы формируются на аллювиальных отложениях и хорошо дренированы.

Основные пахотные угодья района расположены на пологих склонах и шлейфах увалов, слаборасчлененных равнинах, а также в приозерной впадине оз. Ханка и долинах рек бассейна озера. Здесь встречаются агроземы текстурно-метаморфические глееватые, агротемногумусовые подбелы глеевые типичные и агрогумусовые аллювиальные типичные, глееватые, гидрометаморфические типичные, сформированные на аллювии четвертичных отложений. Торфоземы и глееземы формируются в условиях длительного переувлажнения на лугово-болотных угодьях. Основными торфообразователями являются болотные травы, с преобладанием осок и вейников, а также мхи и хвощи.

Флора и растительный покров

Список таксонов сосудистых растений, известных на территории бассейна верхнего течения р. Комиссаровка (от пос. Барабаш-Левада), включает 269 видов из 190 родов и 79 семейств. Отмечено редких видов — 45, включенных в Красную книгу Приморского края [36] — 20 видов; включенных в Красную книгу Российской Федерации [38] — 11 видов. Список растительности составлен на основании данных полевых исследований А.Е. Кожевникова (1997–1998 г.) и литературных данных [30–32, 36, 38].

Бассейн верхнего и среднего течения р. Комиссаровка представляет наиболее перспективным в Приханковье участком для организации ООПТ типа национального природного парка с целью охраны уникальных лесных и лесостепных сообществ растений и их реликтовых представителей, многие из которых даже не представлены в заповедниках Приморского края (*Ampelopsis japonica* (Thunb.) Makino, *Carex obtusata* Liljebl., *Exochorda serratifolia* S. Moore, *Gagea pauciflora* (Turcz. ex Trautv.) Ledeb., *Pulsatilla turczaninovii* Kryl. ex Serg., *Stipa baicalensis* Roshev. и др.).

В верхней части бассейна р. Комиссаровка отмечены богатые реликтами маньчжурской флоры широколиственные, кедрово-широколиственные и хвойные леса. В средней части бассейна расположены уникальные участки степных флористических комплексов и растительных сообществ с их участием; здесь лесостепь

представляет последний крупный фрагмент Евразийской степной области на ее восточной окраине, расположенный в несвойственной для этих ценозов обстановке муссонного климата. Степные и лесостепные ценозы в наиболее сохранившемся виде отмечены сейчас только в бассейне среднего течения р. Комиссаровка, где богато представлен комплекс степных и лесостепных видов, многие из которых находятся здесь в реликтовом состоянии (*Juniperus rigida* Siebold. et Zucc., *Pulsatilla turczaninowii* Kryl. et Serg. и др.). Следует отметить, что степные и лесостепные ценозы в заповедниках российского ДВ почти не представлены.

Млекопитающие

Среди млекопитающих зарегистрировано 68 видов из 6 отрядов, 17 семейств и 37 родов. С высоким охранным статусом — 21 вид, из них включенных в Красную книгу Приморского края [37] — 18 видов; включенных в Красную книгу Российской Федерации [39] — 9 видов; включенных в МСОП — 7 видов. При составлении списка были использованы литературные источники [3, 35, 37, 39, 49, 50, 62, 69], а также фондовые материалы БПИ ДВО РАН.

Птицы

Начало исследованиям орнитофауны гнездящихся птиц этого горно-лесного района положены А.А. Назаренко со времени его работы в Горно-таёжной станции ДВ филиала АН СССР. В 1964 г., в течение недели (29 мая—5 июня), базируясь в несуществующем ныне пос. Решетникова, он обследовал долины рек Решетинка к западу и Комиссаровка вплоть до с. Дворянка, а также охватил исследованиями горы Барабашевка (600 м) и Бурнистая (540 м). В следующем 1965 г. (10—13 мая и 24—26 июня) были проведены работы в верхнем поясе горы Кедровая (963 м). Здесь, на высоте 800 м, у развалин закрытой заставы, он базировался в пункте обогрева «Тепляк», что позволило достаточно полно ознакомиться с населением птиц этого «экологического острова» кедрово-елового леса и провести кратковременные учёты населения птиц. В последующем, в течение семи полевых сезонов (1966—1972 гг.) в бассейне р. Комиссаровка работал В.А. Нечаев (БПИ ДВНЦ АН СССР), изучавший биологию птиц и состояние их популяций. Далее, в течение пяти полевых сезонов (между 1978 и 1993 гг.) в долине этой реки изучал птиц Ю.Н. Глушенко (Уссурийский пединститут). Область его интересов — биология птиц в широком понимании, в том числе и вопросы их охраны. В целом общий итог этих исследований на начало 90-х годов прошлого столетия нашёл отражение в совместной публикации: «Краткий обзор птиц бассейна р. Комиссаровка» [21]. Исследования данного района были продолжены А.А. Назаренко период с 1985 по 1999 и вплоть до 2010 г. Это позволило, в сопоставлении с данными первых лет исследований, обнаружить в местной фауне птиц свидетельства её динамики: снижение численности либо исчезновение одних видов и появление на гнездовании других.

Список местной (гнездящейся) фауны птиц бассейна верхнего и среднего течения р. Комиссаровка, насчитывает 118 видов и отражает состояние, выявлен-

ное на протяжении 40-летнего интервала, что позволяет квалифицировать данную информацию в качестве «системы отсчёта» для последующего мониторинга популяций птиц будущего ООПТ. При подготовке списка были использованы литературные источники [1, 21, 22, 28, 44–47, 51, 68]. К категориям видов с высоким природоохранным статусом (МСОП, Красная книга РФ, Красная книга Приморского края) относятся по крайней мере 19 видов, отмеченных для района предполагаемого ООПТ и прилежащих территорий.

Амфибии и рептилии

В указанном районе обнаружено 8 видов амфибий из 7 родов, 5 семейств и 2 отрядов. Из них 4 вида имеют международный природоохранный статус. Рептилии представлены 3 видами, из которых дальневосточная черепаха включена в МСОП и Красные книги РФ и Приморского края; 2 вида ящериц долгохвосток хоть и не имеют краснокнижного статуса, однако являются редкими видами, охрана которых желательна.

Рыбы и рыбообразные

Список видов рыб и рыбообразных бассейна р. Комиссаровка включает 34 вида, относящихся к 28 родам и 10 семействам (39,1% от общего числа видов рыб, обитающих в бассейне оз. Ханка). Данные получены в результате анализа немногочисленных сведений, полученных из литературы [2, 4, 6–8, 10, 20, 23, 42, 52, 53, 60, 64–66]. По числу родов и видов доминируют семейства: Cyprinidae — 16 родов и 19 видов, Bagridae — 1 род и 4 вида. Остальные 8 семейств (32,4% от общего числа видов) в основном содержат 1–2 вида рыб. Род *Pelteobagrus* в р. Комиссаровка представлен 3 видами; в родах *Brachymystax*, *Rhynchocypris*, *Hemiculter*, *Rhodeus* и *Pungitius* — по 2 вида рыб. Остальные 22 рода содержат по 1 виду.

Пресноводные беспозвоночные

Бассейн р. Комиссаровка населен богатой фауной водных беспозвоночных смешанного характера, отличающейся от фауны окружающих территорий значительно большим разнообразием и обилием вследствие благоприятного сочетания своеобразных природных факторов, а также низкой антропогенной нагрузки и малой освоенности территории.

Макрозообентос бассейна р. Комиссаровка представлен моллюсками, личинками амфибиотических насекомых, червями и ракообразными. В реке и водоемах её поймы отмечено 35 видов брюхоногих и 10 двустворчатых моллюсков.

Из крупных ракообразных в реке встречаются 3 вида креветок и 2 вида пресноводных раков (Е.И. Барабанщиков, личное сообщение).

Амфибиотические насекомые обильны и разнообразны как в русле, так и в пойме р. Комиссаровка. Обнаружено поденок — 39 видов, веснянок — 40 видов, стрекоз — 11 видов из 7 семейств и 9 родов. Среди ручейников выявлено 104 вида из 48 родов и 21 семейства [13]. Двукрылые сем. Chironomidae представлены 98 видами из 48 родов.

В бас.р. Комиссаровка зарегистрировано 9 видов моллюсков краснокнижного статуса: 3 вида жемчужниц занесены в Красные книги РФ и Приморского края, 1 вид отмечен в МСОП. Среди редких, нуждающихся в охране видов, отмечено 2 вида стрекоз; 7 видов веснянок (1 вид веснянок занесен в Красную книгу ПК); 5 видов ручейников. Вид большекрылых *Protohermes martynovae* Vshivkova, 1995 был собран в западном Приханковье в 1960-е годы и более там не отмечался, что даёт основание отнести его к исчезающим видам на территории Приморского края [14]; этот вид уже занесен в Красную книгу Хабаровского края. Среди двукрылых (сем. Chironomidae) отмечен 1 краснокнижный вид (Красная книга ПК).

Наземные беспозвоночные

Моллюски. Зарегистрировано более 50 видов из 6 семейств. Из них 1 вид отмечен в Красной книге Приморского края); один вид является редким и рекомендован для внесения в региональную Красную книгу.

Насекомые. Систематический список наземных насекомых, регистрировавшихся на исследованной территории и прилегающих участках, насчитывает 57 видов, относящихся к 3 отрядам, 15 семействам. Из них 8 видов включены в Красную книгу Приморского края [37] и 14 видов – в Красную книгу Российской Федерации [39].

Ландшафтная структура

Территория проектируемого заказника «Комиссаровский» располагается в зоне дальневосточных суббореальных гумидных (широколиственных) ландшафтов. Отличительные особенности дальневосточных широколиственных ландшафтов обусловлены муссонным режимом тепла и увлажнения, большой длительностью развития, связанной с отсутствием четвертичного оледенения. Для них характерны повышенные значения суммарной солнечной радиации (115–120 ккал/см²), радиационный баланс составляет около 50 ккал/см². Минимум осадков приходится на январь–февраль, максимум связан с летним муссоном с пиком в июле–августе [26].

Согласно Классификации международных трансграничных геосистем юга Дальнего Востока России, территория проектируемого заказника относится в Северному умеренному физико-географическому поясу, области Восточно-Маньчжурских гор, южной подзоны зоны хвойно-широколиственных лесов, Погранично-Лаоелинской низкогорной хвойно-широколиственной провинции. На топологическом уровне здесь выделяется Пограничный трансграничный округ [15–18]. На основе ландшафтного картографирования В.Т. Старожилов [61] отмечает здесь доминирование низкогорного дубового вида ландшафтов.

В верховьях ручьев Русский, Синий, Березовый, Веселый Ключ, Еловый, р. Каменушка распространены индивидуальные ландшафты.

В долине р. Комиссаровка, а также других крупных водотоков представлен горно-долинный остепненный дубово-березово-разнотравный с четвертичным аллювиальным комплексом индивидуальный ландшафт.

На основе использования геоинформационных баз данных бассейна р. Амур, созданных в рамках Амуро-Охотского проекта [18], разработана характеристика морфологических единиц ландшафтов проектируемого заказника «Комиссаров-

ский». Для исследуемой территории характерно доминирование горно-лесных склоновых полидоминантных лиственных и широколиственных урочищ. Они распространены повсеместно в северной, центральной и южной частях. Широкое распространение в верховьях бассейна р. Комиссаровка имеют горно-лесные склоновые хвойно-лиственные урочища (8,28% площади), также здесь отмечаются участки с доминированием хвойных пород. Урочища с хвойными и хвойно-широколиственными породами являются коренными и в наименьшей степени антропогенно преобразованы. В северной оконечности проектируемого заказника представлены горно-лесные предгорий и увалов мелколиственные урочища.

На долю горно-лесных привершинных хвойно-лиственных урочищ приходится только 1,11% площади проектируемого заказника. Они формируют небольшие массивы в центральной части участка вдоль государственной границы. Субдоминируют ландшафты горно-долинные (21,9%) с преобладанием местностей верхних частей долин с мелколиственными лесами, которые широко представлены по долинам рек Пограничная, Широкая, Первая Листвянка, Волынка. Также здесь мозаично встречаются долинные кустарниковые и полидоминантные лиственные ландшафты. Антропогенные территории занимают только 0,14% площади, которые сформированы карьерами в долине р. Широкая и небольшими сельскохозяйственными угодьями около р. Волынка.

Особенности хозяйственной трансформации ландшафтов Ханкайской трансграничной территории

Рассматривая трансграничные особенности природопользования в пределах проектируемого заказника, необходимо отметить высокую антропогенную трансформацию геосистем на территории Китая, что выражается в высокой ландшафтной раздробленности, сложности и большем количестве геосистем [17, 18]. Объектами современного использования на исследуемой территории являются как естественные — хвойные, хвойно-лиственные, лиственные, широколиственные и мелколиственные леса, так и значительно преобразованные в результате предшествующей хозяйственной деятельности — редколесья, кустарники, луга. Площадь хвойных лесов на китайской территории примерно в пять раз больше, чем на российской, хвойно-лиственные леса значительно превышают аналогичные показатели на российской как по площади, так и по проценту занимаемой площади.

Современный облик российской территории определяют лиственные и широколиственные леса. На российской территории значительно больше мелколиственных лесов, кустарниковых зарослей, редколесий, указывающих на активное хозяйственное использование территории в предшествующие этапы освоения. Мелколиственные леса можно отнести в категорию естественных объектов природопользования, поскольку в настоящее время они в большинстве случаев представлены зрелыми и приспевающими лесами. Кустарниковые заросли часто приурочены на российской территории к местам пожаров или занимают брошенные сельскохозяйственные угодья. Освоение таких территорий кустарниками происходит за 4–7 лет. Достаточно высокий процент кустарниковых зарослей указывает на

низкую хозяйственную активность и высокий процент территории, пройденной пожарами. Необходимо отметить, что на китайской территории, леса, пройденные пожарами, достаточно быстро вводятся в хозяйственный оборот и засаживаются саженцами хвойных и лиственных пород [18]. На российской части территории не проводятся промышленные лесозаготовки. В настоящее время основные лесозаготовительные работы проводятся в северных и центральных районах края. Леса китайской территории — объект активных промышленных лесозаготовок. Значительная часть китайской территории используется под пашни, в то время как на российской они преимущественно заброшены. Достаточно часто пашни занимают склоны хр. Тайпинлин и его отрогов. Такое их расположение создает дополнительные условия для неблагоприятных экологических явлений, связанных с эрозией почв. Для уточнения соотношения числа и размеров площадей используемых земель в пределах исследуемой территории определен коэффициент ее однородности-неоднородности [25]. Для китайской части он равен 0,50, для российской — 0,39. Иными словами, китайская часть все в большей мере определяет современный облик хозяйственного использования Ханкайской трансграничной территории [18].

Ценные историко-культурные объекты на территории проектируемой ООПТ

Непосредственно на территории проектируемой Комиссаровской ООПТ археологические исследования не производились. Первые сведения об археологических памятниках на примыкающих территориях Пограничного и Ханкайского района были приведены в сводке Ф.Ф. Буссе и Л.А. Крапоткина, опубликованной в 1908 г. [9]. В этой работе описывались два средневековых городища — Богуславское и около пос. Пограничный, древняя дорога и курганы в окрестностях первого из городищ. Дальнейшее изучение районов и стационарные раскопки начались в 50-х годах XX в. В это время их осуществляла Дальневосточная археологическая экспедиция под руководством А.П. Окладникова. Раскопки в пади Харина позволили выделить синегайскую культуру эпохи бронзы, а исследования в пади Семипятнова дали яркую коллекцию, характеризующую кроуновскую культуру железного века. Следующий этап изучения археологических памятников района начался в середине 1970-х годов сотрудниками ИИАЭ ДВО РАН. Раскопки памятников Семипятнова-3, Новоселище-2, Куркуниха-3, Новоселище-4, Дворянка-1, Майское городище позволили получить богатейшие материалы по первобытной и средневековой истории не только исследуемого района, но и всего Приморского края. Мероприятия по выявлению и изучению памятников проводились вдоль побережья Ханки у с. Астраханка, в пади Куркуниха к западу от с. Новокачалинска, в долине р. Комиссаровка: правый и левый берег у с. Комиссарово, правый берег у сел Дворянка, Майское, Октябрьское.

На территории Пограничного района стационарные исследования были начаты в 1960-х—начале 1970-х гг. Д.Л. Бродянским, который нашел два памятника в долине р. Нестеровка и один — у с. Рубиновка [54]. В 1988 г. отрядом Уссурий-

ского пединститута во главе с В.А. Лыншей был обнаружен памятник Сергеевка-1 на левом берегу р. Нестеровка [43]. В 2004 г. на этом памятнике были проведены стационарные исследования отрядом ДВГУ. Было раскопано 2 разновременных неолитических жилища: верхнее — эпохи позднего неолита (зайсановская археологическая культура) и нижнее — эпохи среднего неолита (сергеевский этап руднинской археологической культуры) [55]. Материалы, полученные при раскопках этого памятника, стали основой для выделения сергеевского этапа руднинской археологической культуры. В 1990 г. археологическую разведку в центральной и юго-западной частях Пограничного района в окрестностях сел Богуславка, Софье-Алексеевское, Дружба, Жариково, пос. Пограничный провел В.И. Дьяков [24], который обнаружил более 15 новых археологических памятников. В 1993–1994 гг. в районе работали Н.А. Кононенко и Н.А. Ключев, в основном по левому берегу р. Молоканка с целью обнаружения палеолитических памятников. В результате проведенных работ были обнаружены 4 новых стоянки — Астраханская-1, Астраханская-2, Астраханская-3, Комогорка [33, 34].

На территории ООПТ Комиссаровский были выделены перспективные для обнаружения археологических памятников участки.

- Долина р. Кордонка в верхнем и среднем течении.
- Долина р. Нестеровка в верхнем течении реки.
- Долина р. Волынка и р. Мраморная.
- Долина р. Решетинка — правого притока р. Комиссаровка.
- Долина левого берега р. Комиссаровка южнее с. Барабаш-Левада.
- Долина р. Пограничная — левого притока р. Комиссаровка.
- Левый берег р. Комиссаровка от устья р. Пограничная до с. Комиссарово, включая пади Бол. Моховая, Мал. Моховая, Трофимова и Филюшина.
- Падь Белоберезовая.
- Долина р. Верещежиха с притоками — левый приток р. Комиссаровка.

Экологическая и познавательная ценность проектируемой ООПТ

Экологическая ценность проектируемого заказника напрямую связана с экологическими рисками этого района. Бассейн р. Комиссаровка, несмотря на малую населенность и отдаленность, интенсивно эксплуатируется как местным, так и пришлым населением. Ведутся вырубка и выжигание древостоя, сбор дикоросов, рыбная ловля, охота (в том числе браконьерская) на кабана, дикую козу, косулю, птиц. Также бассейн Комиссаровки очень привлекателен для коллекционеров-энтомологов в связи с высоким разнообразием жуков, бабочек и других крупных насекомых на лугах в закрытых, интенсивно прогреваемых летом долинах в составе ксерофитных ценозов. При этом участки, занимаемые в Приморском крае этими ценозами, крайне ограничены и неуклонно сокращаются под воздействием пожаров. Сети, ловушки и прочие запрещенные рыболовные снасти снижают численность краснокнижных видов рыб и дальневосточной черепахи, наряду со сбором яиц местным населением, загрязнением водоемов и движением водно-моторного транспорта. Яйцекладки черепах уничтожают также сопутствующие человеку вороны и домашние собаки.

По сравнению с вышеперечисленными негативными факторами еще более опасными для экосистемы бассейна р. Комиссаровка являются планы по добыче россыпного золота в ее верховьях (Николаева Падь и Падь Комиссаровская). Опыт отработки таких месторождений в СССР, России и зарубежных странах показал, что технологии добычи золота из россыпей, при которой бы исключалось загрязнение вод и разрушение поймы, не существует.

В процессе таких работ русла рек спрямляются и перегораживаются, понижаются базис эрозии и уровень грунтовых вод, изменяется как само русло, так и ландшафт речной поймы — уничтожается естественный рельеф днища долин с замещением его на комплекс хаотично расположенных отвалов, гряд и выемок с редкими перепадами высот.

Нарушение природной среды при разработке месторождений россыпного золота происходит не только в результате бульдозерных работ, но и при загрязнении водотоков хвостами обогащения, в основном избыточным количеством минеральной взвеси. В изымаемых торфах и песках до 30% мелких и пылевидных глинистых фракций, которые резко (в сотни раз) повышают мутность воды в реке и вызывают обмеление русел. При этом протяженность мутьевых потоков вниз по течению реки прослеживается на 100 км и более, что в случае Комиссаровки будет означать замучивание на всем ее протяжении с выносом взвеси в оз. Ханка.

Постоянное присутствие в воде большого количества взвеси не только снижает качество воды, но и существенно обедняет состав гидробионтов и снижает продуктивность водотоков. При этом уменьшение разнообразия водных биоценозов происходит за счет наиболее ценных и охраняемых обитателей чистых вод (лососевые рыбы, моллюски-жемчужницы и др.).

Опыт разработки месторождений россыпного золота в Сибири и на Дальнем Востоке показал, что загрязнение реки продолжается десятилетия спустя после окончания работ на приисках, поскольку незакрепленные растительностью отвалы продолжают оползать. Кроме того, достаточно часты случаи аварийных выбросов, когда вследствие прорыва дамб в водотоки попадает полностью неочищенная вода из отстойников (спутниковый мониторинг добычи россыпного золота).

Таким образом, в результате деятельности прииска по добыче золота в верховьях р. Комиссаровка неизбежно возникнут следующие экологические проблемы: 1) загрязнение, обмеление и резкое обеднение водной биоты р. Комиссаровка вплоть до полной деградации речной экосистемы; 2) деградация наземных ландшафтов в местах ведения добычи; 3) усиление антропогенного пресса на окружающие территории и экосистемы, т.е. весь бассейн верхнего течения р. Комиссаровка.

В заключение надо подчеркнуть, что организация предлагаемого ООПТ в бассейне р. Комиссаровка позволит существенно улучшить охрану представителей степного флористического комплекса и растительных сообществ с их участием, богатых реликтами маньчжурской флоры широколиственных, кедрово-широколиственных и хвойных лесов в верхнем бассейне реки, а также сохранить разнообразный мир животных, связанный с уникальными водными и растительными комплексами.

Литература

1. Аллёнов Б.В., Николаев И.Г., Юдаков А.Г. Гнездование беркута в Приморском крае // Охрана природы на Дальнем Востоке. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. С. 184–189.
2. Аннотированный каталог круглоротых и рыб континентальных вод России. М.: Наука, 1998. 220 с.
3. Атлас охотника и рыболова Приморского края. Владивосток: ООО «Безан», 2004. 178 с.
4. Атлас пресноводных рыб России / под. ред. Ю.С. Решетникова. М.: Наука, 2002. Т. 1. 379 с.
5. Атлас Приморского края / Тихоокеанский институт географии ДВО РАН. Владивосток, 2008. 48 с.
6. Барабанщиков Е.И., Назаров В.А., Сви́рский В.Г. Фауна круглоротых и рыб озера Ханка // Изв. ТИНРО. 2006. Т. 146. С. 97–110.
7. Богущая Н.Г., Насека А.М. Круглоротые и рыбы бассейна озера Ханка: Научные тетради. СПб.: ГОСНИОРХ, 1997. Вып. 3. 89 с.
8. Богущая Н.Г., Насека А.М. Каталог бесчелюстных и рыб пресных и солоноватых вод России с номенклатурными и таксономическими комментариями. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2004. 389 с.
9. Буссе Ф.Ф., Крапоткин Л.А. Остатки древностей в Амурском крае // Зап. О-ва изучения Амурского края. Владивосток, 1908. Т. 12. С. 1–66.
10. Буторина Т.Е. Паразитофауна щиповки Лютера *Cobitis lutheri* Randahl (Cobitidae) бассейна озера Ханка // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Владивосток: Дальнаука, 2003. Вып. 2. С. 555–562.
11. Вшивкова Т.С. Фауна ручейников бассейна озера Ханка (Insecta, Trichoptera) // Проблемы сохранения водно-болотных угодий международного значения: озеро Ханка: тр. междунар. науч.-практ. конф. Спасск-Дальний, 1995. С. 80–85.
12. Вшивкова Т.С. Амфибиотические насекомые бассейна озера Ханка // Дальневост. конф. по заповед. делу, 7-я. Биробиджан, 2005. С. 65–68.
13. Вшивкова Т.С. Ручейники (Insecta: Trichoptera) Западного Приханковья (Пограничный и Ханкайский районы, Приморский край) // Жизнь пресных вод. 2016. Т. 2.
14. Вшивкова Т.С., Дубатовов В.В. Новые находки большекрылых (Megaloptera, Corydalidae, Corydalinae) на юге Дальнего Востока России // Евразийский энтомологический журнал. 2010. Т. 9, № 3. С. 345–351.
15. Ганзей С.С. Избранное. Владивосток: Дальнаука, 2014. 276 с.
16. Ганзей С.С. Международные трансграничные территории – как объект географических исследований // География и природные ресурсы. 2004а. № 2. С. 11–18.
17. Ганзей С.С. Трансграничные геосистемы юга Дальнего Востока России и Северо-Восточного Китая. Владивосток: Дальнаука, 2004б. 231 с.
18. Ганзей С.С. Функциональное зонирование Ханкайских трансграничных геосистем в целях управления природопользованием // Экологическое планирование и управление. 2007. № 1(2). С. 44–52.
19. Ганзей С.С., Ермошин В.В., Мишина Н.В., Ширавина Т. Современное использование земель в бассейне Амура // География и природные ресурсы. 2007. № 2. С. 17–26.
20. Герштейн В.В. Новые данные по распространению косатки-крошки *Mystus mica* Gromov в бассейне оз. Ханка // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Владивосток: Дальнаука, 2003. Вып. 2. С. 405–406.
21. Глушенко Ю.Н., Нечаев В.А., Куренков В.Д., Назаренко А.А., Шибнев Ю.Б. Краткий обзор птиц бассейна р. Комиссаровка // Животный и растительный мир Дальнего Востока. Вып. 2. Уссурийск, 1995. С. 49–86.
22. Глушенко Ю.Н., Шибнев Ю.Б. Новые находки редких птиц на озере Ханка и окружающих территориях // VII Арсеньевские чтения. Уссурийск: УГПИ, 1993. С. 3–5.
23. Горяинов А.А., Барабанщиков Е.И., Шаповалов М.Е. Рыбохозяйственный атлас озера Ханка. Владивосток: ТИНРО-Центр, 2014. 205 с.
24. Дьяков В.И. Отчет об археологических полевых работах в Пограничном районе Приморского края в 1990 году. Архив ИА РАН. Р-1, № 15231. 69 л.
25. Ивашкина Л.И., Николаев В.А. К анализу ландшафтной структуры физико-географических регионов // Вестн. МГУ. Сер. географ. 1994. № 4. С. 49–59.
26. Исаченко А.Г. Ландшафты СССР. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1985. 320 с.
27. Классификация почв и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова. Смоленск: Ойкумена, 2004. 342 с.
28. Коблик Е.А., Редькин Я.А., Архипов В.Ю. Список птиц Российской Федерации. М.: Товарищество науч. изд. КМК, 2006. 281 с.
29. Кожевников А.Е., Кожевникова З.В. Растительный мир Приханкайской равнины и окружающих предгорий. 2000. Режим доступа: <http://primorye.fareastgeology.ru/river/khanka/index.htm>

30. Кожевников А.Е., Кожевникова З.В., Легченко М.В. Растительные ресурсы Приханковья (Приморский край): биологическое разнообразие сосудистых растений и современная оценка антропогенных изменений природной флоры // Биологические ресурсы Дальнего Востока России: комплексный региональный проект ДВО РАН / под ред. Ю.Н. Журавлева. М.: Товарищество науч. изд. КМК, 2007. С. 7–33.
31. Кожевников А.Е., Кожевникова З.В., Баркалов В.Ю., Прокопенко С.В., Легченко М.В. Флористические находки в Приханковье (Приморский край) // Бюл. Моск. об-ва испыт. природы. Отд. биол. 2007. Т. 112. Вып. 6. С. 51–53.
32. Кожевников А.Е., Кожевникова З.В., Баркалов В.Ю., Прокопенко С.В., Легченко М.В. Биологическое разнообразие сосудистых растений Приханковья (Приморский край) // Материалы IV междунар. научн. конф. «Растения в муссонном климате», 10–13 октября 2006, г. Владивосток. Владивосток: БСИ ДВО РАН, 2007. С. 214–219.
33. Кононенко Н.А. Отчет об археологических разведках в Приморье в 1993 г. Архив ИА РАН. Р-1, № 18446. 49 л.
34. Кононенко Н.А. Отчет об археологических исследованиях в Приморье (Кавалеровский, Ханкайский, Пограничный районы) 1994 г. Архив ИА РАН. Р-1, № 18956. 116 л.
35. Костенко В.А. Грызуны (Rodentia) Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2000. 210 с.
36. Красная книга Приморского края. Растения. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. Официальное издание / кол. авторов, отв. ред. А.Е. Кожевников. Владивосток: АВК «Апельсин», 2008. 688 с.
37. Красная книга Приморского края. Животные. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных. Официальное издание. Владивосток: АВК «Апельсин», 2005. 448 с.
38. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Министерство природных ресурсов и экологии РФ; Федеральная служба по надзору в сфере природопользования; РАН; Российское ботаническое общество; МГУ им. М.В. Ломоносова; гл. редкол.: Ю.П. Трутнев и др.; сост. Р.В. Камелин и др. М.: Товарищество науч. изд. КМК. 2008. 855 с.: ил.
39. Красная книга Российской Федерации. Животные. М.: Астрель, 2005. Режим доступа: <http://www.sevin.ru/redbooksevin>.
40. Короткий А.М., Караулова Л.П., Ромашкова Н.И. Озерные трансгрессии и режим позднекайнозойского осадконакопления в Уссури-Ханкайской депрессии // Геолого-геоморфологические конформные комплексы Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1980. С. 162–181.
41. Костенков Н.М., Нестерова О.В., Пуртова Л.Н., Крупская Л.Т., Дербенцева А.М., Назаркина А.В., Пилипушка В.Н., Семаль В.А., Старожилов В.Т. Почвы ландшафтов Приморья (рабочая классификация): учебно-методическое пособие. Владивосток, 2011.
42. Линдберг Г.У. Материалы по рыбам Приморья // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. 1936. Т. 3. С. 393–407.
43. Лынша В.А. Отчет о результатах археологической разведки в долине р. Нестеровки Пограничного района Приморского края в 1988 г. Архив ИА РАН. Р-1, № 14347. 25 л.
44. Назаренко А.А. О распространении некоторых птиц в Южном Приморье // Орнитол. исслед. на юге Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1971. С. 172–179.
45. Назаренко А.А. Черноголовый поползень *Sitta villosa* в «горных» сосняках на юго-западе Уссурийского края: быстрое освоение новой экологической среды // Рус. орнитол. журн. 2005. Т. 14 (288). С. 435–439.
46. Назаренко А.А., Вальчук О.П., Сурмач С.Г. Взлёт и падение популяции малого чернолового дубоноса (*Eophona migratoria*) в Уссурийском крае на протяжении XX столетия: обращение к коллегам // Инвентаризация, мониторинг и охрана ключевых орнитол. территорий России. Вып. 3. М., 2001. С. 134–140.
47. Назаренко А.А., Маметьев П.Г. О заселении малой пёстрогрудкой *Tribura (Dumeticola) davidi* восточной окраины Азии: новое, недавнее и изолированное местонахождение на крайнем западе Уссурийского края // Рус. орнитол. журн. 2010. Т. 19 (584). С. 1239–1242.
48. Назаренко Л.Ф., Бажанов В.А. Геология Приморского края: в 3 ч. Препринт / Дальневост. геол. ин-т. Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. Ч. 2: Интрузивные образования. 28 с.
49. Наземные млекопитающие Дальнего Востока СССР: определитель / под ред. В.Г. Кривошеева. М.: Наука, 1984. 358 с.
50. Нестеренко В.А. Насекомоядные юга Дальнего Востока и их сообщества. Владивосток: Дальнаука, 1999. 173 с.
51. Нечаев В.А. Даурская галка – *Colaeus dauuricus* Pall. // Орнитол. исслед. на Дальнем Востоке. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1975. С. 114–160.
52. Никольский Г.В. Рыбы бассейна Амура. М.: АН СССР, 1956. 552 с.
53. Новиков Н.П., Соколовский А.С., Соколовская Т.Г., Яковлев Ю.М. Рыбы Приморья. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2002. 552 с.

54. Памятники истории и культуры Приморского края. Материалы к своду. Б.м.: ИИАЭ ДВО АН СССР, 1991. 268 с.
55. Попов А.Н., Батаршев С.В., Крутых Е.Б., Малков С.С. Памятник Сергеевка-1 в юго-западном Приморье: стратиграфия и общая характеристика культурно-хронологических комплексов // Проблемы археологии, этнографии и антропологии Сибири и сопредельных территорий: (материалы годовой сессии ИАЭ СО РАН 2004 г.). Новосибирск: Изд-во ИАЭ СО РАН, 2004. Ч. 1. С. 161–167.
56. Примподога. 2016. Режим доступа: http://primpogoda.ru/articles/sezonnye_osobennosti
57. Развитие процессов деградации почв в ландшафтах водосбора бассейна оз. Ханка. Владивосток: Изд-во Дальневост. федерал. ун-та, 2012. 184 с.
58. Росликова В.И., Рыбачук Н.А., Короткий А.М. Атлас почв юга Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2010. 248 с.
59. Рыбы Монгольской Народной Республики. М.: Наука, 1983. 276 с.
60. Самуйлов А.Е., Свирский В.Г. Список рыб оз. Ханка // Биология рыб Дальнего Востока. Владивосток: Дальневост. ун-т, 1976. С. 87–90.
61. Старожилов В.Т. Карта ландшафтов Приморского края масштаба 1:1 000 000. Владивосток: Изд-во Дальневост. федерал. ун-та, 2009.
62. Тиунов М.П. Рукокрылые Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 1997. 134 с.
63. Худяков Г.И., Денисов Е.П., Короткий А.М. и др. История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. Юг Дальнего Востока. М.: Наука, 1972. 421 с.
64. Шаповалов М.Е. Верхогляд *Chanodichthys erythropterus* Basilewsky, 1855 озера Ханка (внутривидовая структура, биология): дис. ... канд. биол. наук. Владивосток, 2009. 220 с.
65. Шедько С.В. Список круглоротых и рыб пресных вод побережья Приморья // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Владивосток: Дальнаука, 2001. Вып. 1. С. 229–249.
66. Шедько С.В., Шедько М.Б. Новые данные по пресноводной ихтиофауне юга Дальнего Востока России // Чтения памяти В.Я. Леванидова. Владивосток: Дальнаука, 2003. Вып. 2. С. 319–336.
67. Ganzei S.S., Mishina N.V. International Transboundary Territories in the South of the Russian Far East and their Role in Sustainable Natural Resource Use in Border Regions // Journal of the Korean Geographical Society. 2002. № 5.
68. Nazarenko A.A., Gamova T.V., Nechaev V.A., Surmach S.G., Kurdyukov A.B. Chapter 2. Birds of Southwest Ussuriland: an annotated list // Handbook of the Birds of Southwest Ussuriland: Current Taxonomy, Species Status, Population Trends. Publ. by NIBR in association with IBSS. Edited by Geo Book. 2016. P. 59–208.
69. IUCN Red List of Threatened Species. 2016. URL: www.iucnredlist.org.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ НАГРУЗКА В БАСЕЙНЕ ОЗЕРА ХАНКА

1. Агрохозяйственная обстановка

Бассейн оз. Ханка охватывает освоенные в сельскохозяйственном отношении Приханкайско-Уссурийскую равнину и широкие долины, а также низогорные участки вдоль государственной границы. Агроклиматические условия относятся к ряду благоприятных для сельского хозяйства. Почвенный покров Приханкайской низменности представлен в основном луговыми и болотными разновидностями.

Благоприятные почвенно-климатические и орографические условия на этой территории способствовали его сельскохозяйственному освоению. Здесь успешно возделываются все сельскохозяйственные культуры, выращиваемые в Приморском крае — из зерновых: рис, пшеница, ячмень, гречиха, овес; из технических: соя, сахарная свекла, подсолнечник; из овощных: помидоры, огурцы, капуста, свекла, морковь, редис, перец, кабачки, баклажаны; из бахчевых: дыни и арбузы; развито здесь и садоводство.

2. Использование земель

Территория, которую занимает бассейн оз. Ханка, включает в себя основные сельскохозяйственные районы Приморского края. Из административных районов в нее вошли 6 территорий, сельскохозяйственные земли которых составляли: около 465 тыс. га — сельскохозяйственные угодья и 330 тыс. га — пашни. В период проведения реформирования сельскохозяйственной отрасли произошло сокращение всех видов угодий. Их изменение в период с 1989 по 1997 г. показано на примере Ханкайского муниципального района (рис. 4.8).

Аналогичная картина представлена на рисунках, характеризующих изменения в отраслях животноводства (рис. 4.9).

Наиболее освоенными с точки зрения сельского хозяйства являются Хорольский, Ханкайский (более 70%) и Черниговский (65% освоенной территории) районы. Сельскохозяйственные угодья прилегающих к оз. Ханка районов составляют 30–35% этой территории. Это Ханкайский, Спасский, Пограничный, Хорольский, Михайловский и Черниговский районы

Использование земель здесь связано со специализацией сельскохозяйственного производства. В вышеперечисленных районах преобладает зерново-соевая специализация в сочетании с молочным животноводством. В бассейне оз. Ханка было представлено почти все рисосеяние (85% всех посевов Приморского края). Значительные массивы мелиоративных земель были приурочены к территории бассейна оз. Ханка. 90% земель осушается с помощью открытой системы каналов. Основные площади орошаемых земель (более 60%) приходились на рисовые системы, которые располагались в Ханкайском, Хорольском, Черниговском, и Спасском районах.

Типы использования земель связаны, во-первых, с общим уровнем земледелия и организации сельского хозяйства в целом, во-вторых, с общим направлением специализации в региональном плане, а кроме того, в разрезе отдельных хозяйств с конкретными природными и экономическими условиями.

Типизация сельскохозяйственного использования земель проведена с учетом производственной специализации предприятий. По соотношению посевных площадей под основными сельскохозяйственными культурами и тесно связанными с этим характером агротехники, величиной затрат растениеводства, обеспеченностью основными фондами в пределах бассейна оз. Ханка выделено 3 типа использования сельскохозяйственных земель (рис. 4.10).

3. Агроэкологическая обстановка

Сложившаяся в дореформенный период система земледелия привела к деградации почвенного покрова. В среднем 35% пашни этой территории содержат до 3% гумуса и крайне нуждается во внесении органических удобрений. Для поддержания запасов гумуса в почве необходимо вносить ежегодно на 1 га около 6 т органических удобрений. В районах бассейна оз. Ханка вносится половина этой нормы, а в Ханкайском районе вносится только 1/4 нормы.

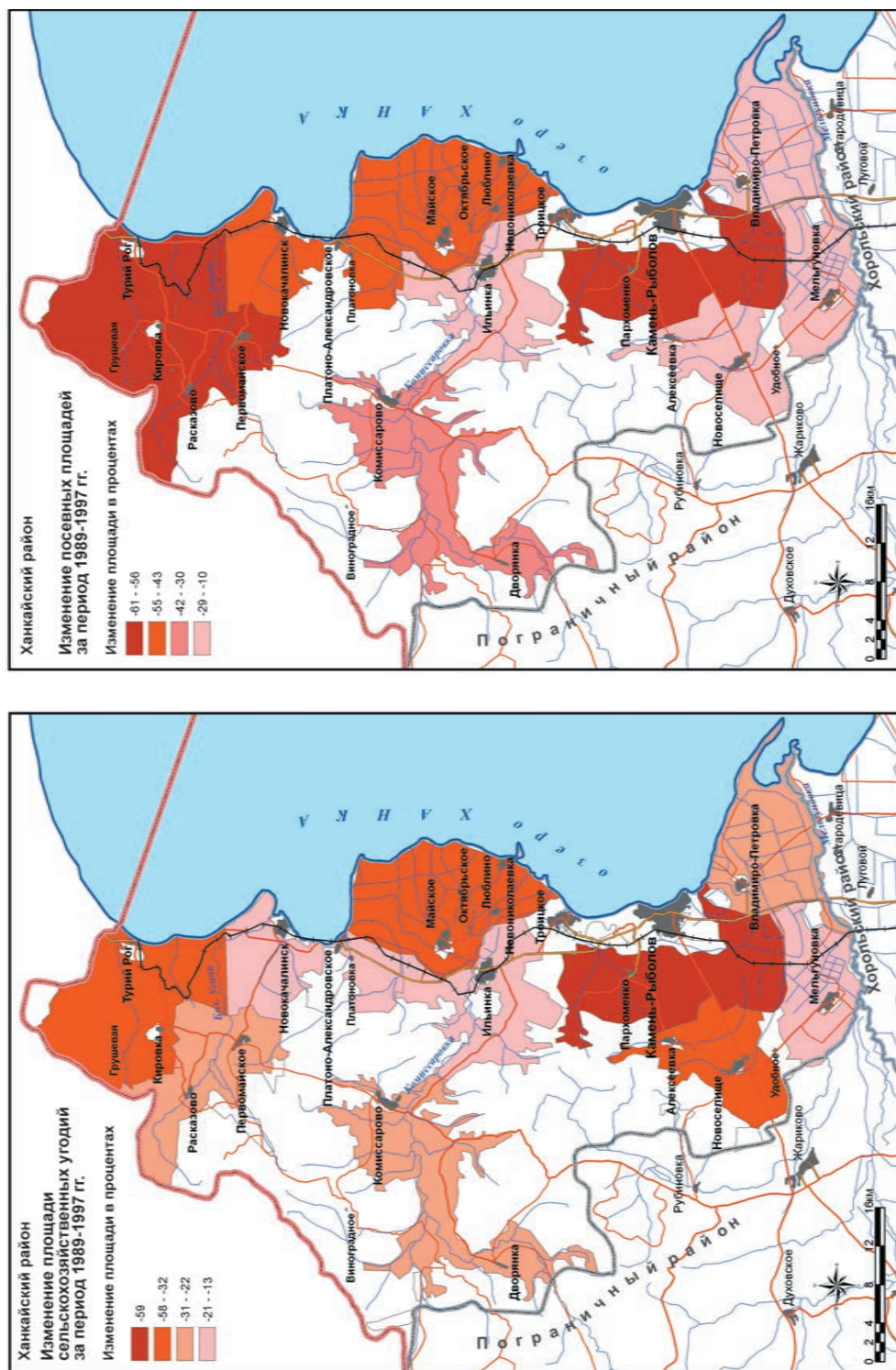


Рис. 4.8. Изменение площадей сельскохозяйственных угодий и посевных площадей за период 1989 – 1997 годов в бассейне оз. Ханка

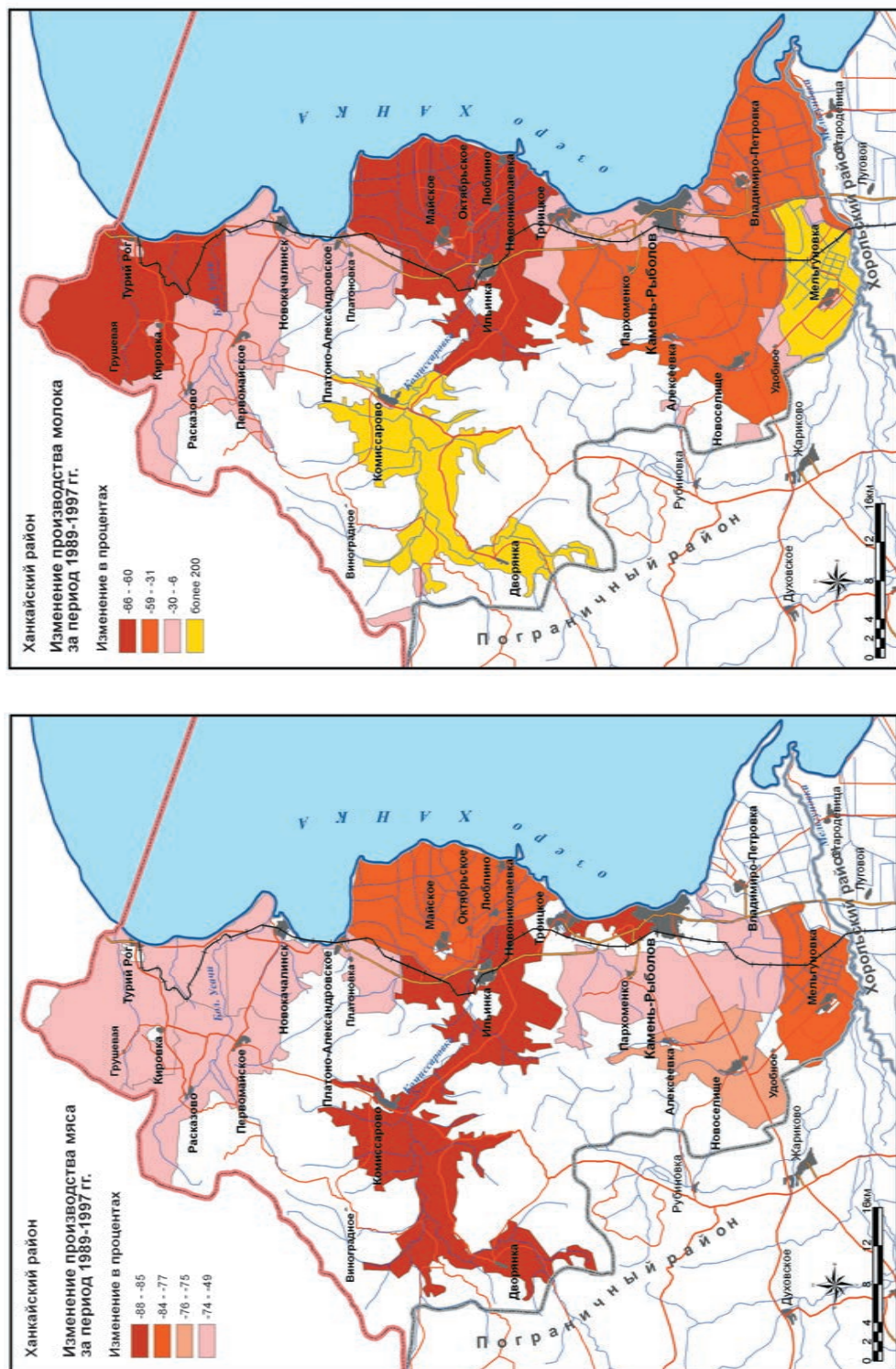


Рис. 4.9. Изменение производства мяса и молока в период 1989—1997 годов в бассейне оз. Ханка

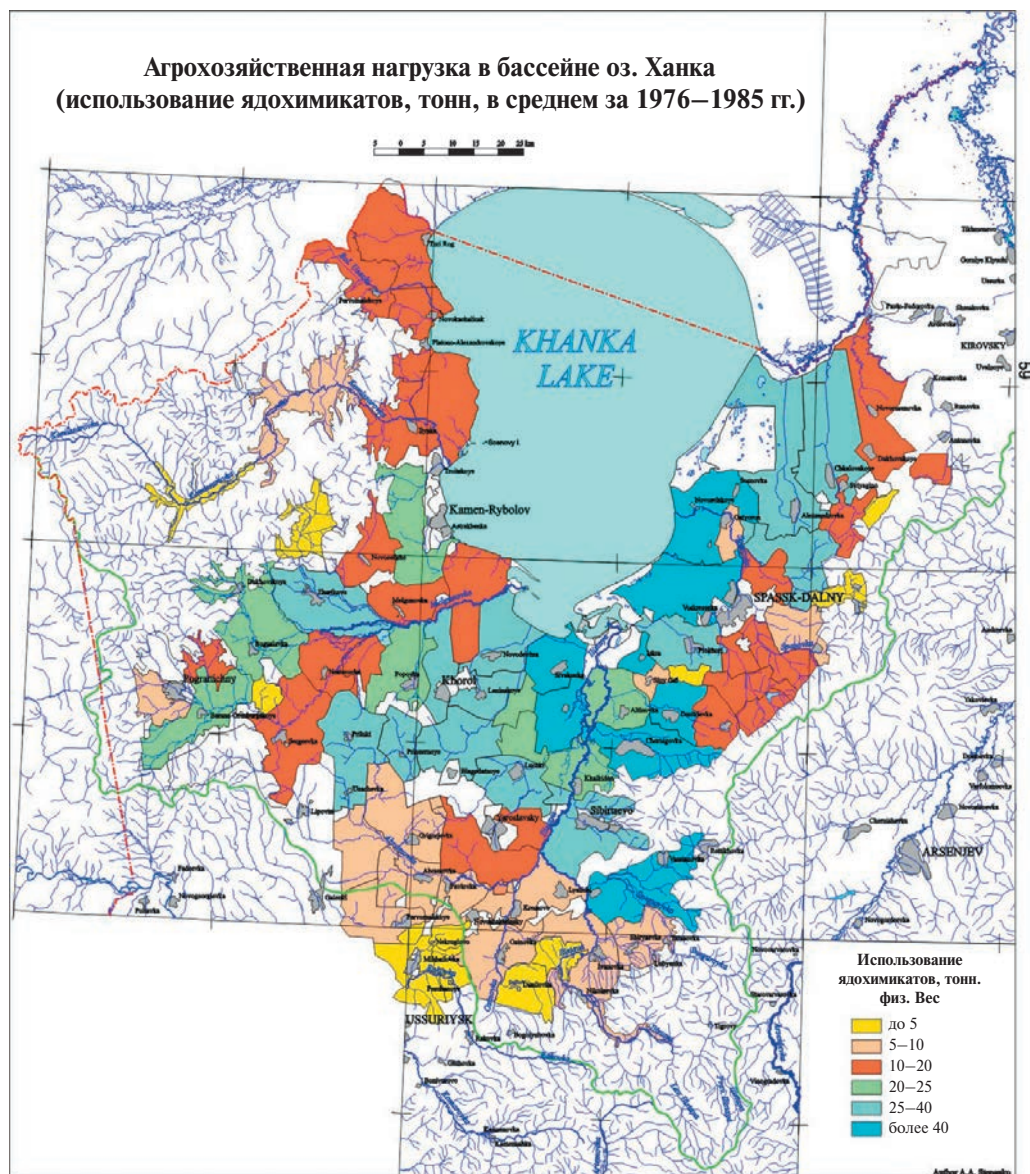
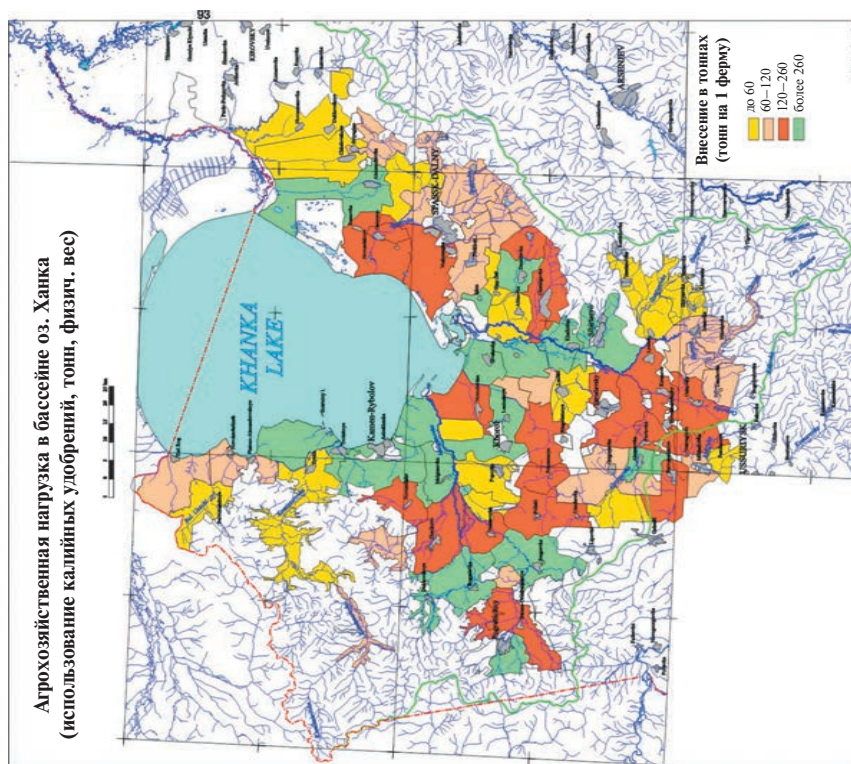
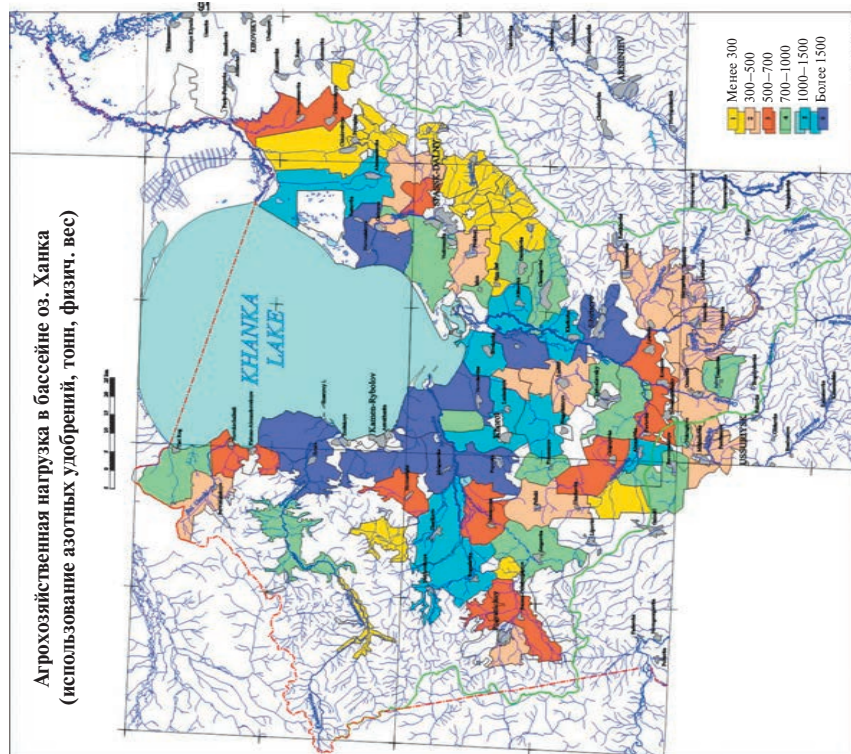


Рис. 4.11. Использование ядохимикатов за 1976–1985 годы в бассейне оз. Ханка

В настоящее время существенно снизилась проблема загрязнения окружающей среды минеральными удобрениями, т.к. в силу материального положения сельскохозяйственной отрасли многие производители не имеют возможности их приобретать. На рис. 4.12 показано то количество минеральных удобрений, которое вносилось на этой территории в дореформенный период.

Существует проблема утилизации животноводческих отходов. На действовавших комплексах в районах бассейна оз. Ханка ежегодно образовывалось 1,5–2,0 млн т



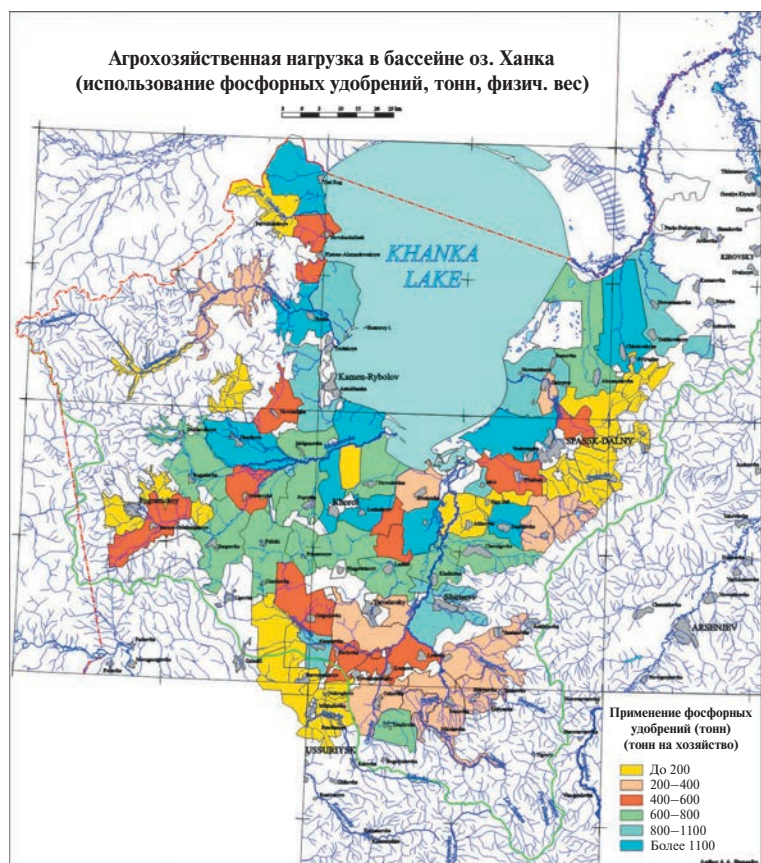


Рис. 4.12. Внесение минеральных удобрений в бассейне оз. Ханка

отходов. Стоки отходов обладают высокой загрязняющей способностью, но содержат легко доступные для растений питательные элементы. После предварительной очистки (биологической) они могут использоваться для орошения кормовых культур. Однако большинство действующих предприятий не имеют очистных сооружений.

В результате перевода животноводства на промышленную основу возникла необходимость строительства крупных ферм и комплексов, что усложнило экологическую ситуацию. Решение экологических проблем на таких сооружениях подчас превышает стоимость самого содержания, поэтому, исходя из опыта многих стран, необходимо отдавать предпочтение мелким хозяйствам (фермам, арендаторам, небольшим кооперативам).

По степени деградации природной среды и величине сельскохозяйственной нагрузки в бассейне оз. Ханка выделены следующие типы территорий:

1-й тип – умеренная степень деградации (Михайловский, Черниговский районы),

2-й тип – сильная степень деградации природной среды (Хорольский, Ханкайский, Пограничный, Спасский районы).

Выделение вышеперечисленных районов по степени деградации природной среды обусловлено внутрирайонными различиями специализации, интенсивностью

производства и территориальной организацией сельскохозяйственной деятельности в сочетании с местными особенностями почвенного покрова, орографией и климатом.

Сельскохозяйственное производство районов 1-го типа оказывает умеренное влияние на природную среду. Под сельскохозяйственными угодьями в основном здесь используются долины рек и межгорные впадины. Из сельскохозяйственных угодий 50% занимает пашня. На пойменных и лугово-бурых почвах возделывают зерновые культуры, сою, картофель, овощи. По производству зерновых и сои районы 1-го типа уступают районам 2-го типа.

Наиболее неблагоприятной с экологической точки зрения является природная среда районов 2-го типа. Они характеризуются значительной распаханностью (65% от площади сельскохозяйственных угодий) и крайне незначительной залесенностью этих районов, расположены в зоне неустойчивого увлажнения и подвержены эрозионным процессам, поэтому выращивание на них пропашных культур и риса усиливает эти процессы и способствует деградации почв. Обедненность почв этих районов фосфором и калием требует внесения значительных доз минеральных удобрений, которые не только восполняют агропотенциал, но и в результате смыва с полей в период сильных дождей загрязняют окружающие водоемы.

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы «Дальний Восток» Проект: «Изменение структуры сельскохозяйственного использования земель в связи с введением продовольственных санкций против России в Дальневосточном регионе (геоэкологический аспект) № 15-1-6-39.

О НЕОБХОДИМОСТИ АГРОЛЕСОМЕЛИОРАЦИИ В ПРЕДЕЛАХ ТРАНСГРАНИЧНОГО БАССЕЙНА ОЗЕРА ХАНКА

Агролесомелиорация представляет собой систему лесокультурных и лесоводственных мероприятий, направленных на улучшение условий ведения сельского хозяйства с помощью лесонасаждений различного функционального назначения в агросфере [14]. Данный вид лесомелиорации основывается на использовании почвозащитных, водорегулирующих и других средозащитных и средопреобразующих свойств лесонасаждений.

В Приморском крае регулярно проводятся работы по лесовосстановлению и агротехническому уходу за лесными культурами на землях лесного фонда, которые, однако, не затрагивают земли сельскохозяйственного назначения, нуждающиеся в проведении комплекса агролесомелиоративных (организационно-технических, агротехнических и лесоводственных) мероприятий. Так, общая площадь деградированных в результате ветровой и водной эрозии земель в Приморском крае составляет 619,4 тыс. га [3].

15 мая 2006 г. Законодательным собранием Приморского края был принят закон «О мелиорации земель в Приморском крае» (с изменениями на 06.03.2015) для поддержки сельскохозяйственного производства, регулирования отношений

в области мелиорации земель. Под мелиорацией в статье 2 закона понимается «коренное улучшение земель путем проведения гидротехнических, культуртехнических, химических, противоэрозионных, агролесомелиоративных, агротехнических и других мелиоративных мероприятий» [8]. Возникает необходимость проведения соответствующих мероприятий и создания системы различных видов защитных лесных насаждений (ЗЛН) с учетом агроклиматических и ландшафтных особенностей территории Приморья.

Цель работы: провести комплексное исследование агроландшафтов трансграничного бассейна оз. Ханка, являющегося одним из самых освоенных в сельскохозяйственном отношении регионов Приморского края, для разработки рекомендаций по агролесомелиоративному обустройству земель.

Бассейн оз. Ханка находится в юго-западной части Приморского края. На территории бассейна расположены 10 административных районов и 2 городских округа. Северная часть бассейна относится к провинции КНР Хэйлуцзян. Регион занимает территорию Приханкайской аллювиально-озерной равнины, в центре которой располагается оз. Ханка (4070,0 км²). Водосборная площадь бассейна составляет 25 075,7 км².

Приханкайская низменная равнина сложена палеоген-неогеновыми песчано-глинистыми отложениями, покрытыми мощной толщей аллювиальных, озерных и лагунных песков, гравелитов, галечников и глин. Характерны сухая холодная зима, засушливая весна и теплое лето с осадками. Средняя температура января –19 °С, июля +20 °С. Осадков выпадает 650 мм в год, из которых 90% приходится на теплый период. Интенсивность испарения 450–500 мм/год, а коэффициент увлажнения составляет всего 0,6–0,8. Продолжительность вегетационного периода 182–188 дней. Сумма температур выше 10 °С составляет 2000–2600 °С. Залегание снежного покрова неравномерное (не более 20–30 см) и зависит от особенностей рельефа. Почвенный покров представлен буроземами, лесными и луговыми подбелами, поймоземами, луговыми глеевыми, лугово-болотными почвами и др. [2, 10, 12].

Можно отметить следующие природно-климатические и антропогенные факторы, влияющие на качество землепользования в регионе:

1) малый уклон, наличие большого числа замкнутых понижений, затрудняющих поверхностный сток, слабая дренирующая поверхность материнских пород приводят к избыточному переувлажнению, заболачиванию почв, вымоканию сельхозкультур;

2) малоснежные зимы, отсутствие снега в результате сдувания способствуют глубокому промерзанию грунтов, особенно суглинистых и глинистых, появлению морозобойных трещин, которые весной превращаются в промоины, ускоряя исчезновение влаги и понижая уровень почвенных и грунтовых вод;

3) проникновение сильных сухих ветров из Северо-Восточного Китая и Монголии, дефицит влаги из-за преобладания испарения над выпадением осадков зимой приводят к иссушению почвы, а весной и начале лета – к дефляции, переносу и созданию эолового микрорельефа;

4) выпадение муссонных ливневых дождей в период вегетации растений влечет появление эрозионных процессов, смыв почвы даже при уклоне 1,5°;

5) распашка склонов мелкосопочников на значительных пространствах без соблюдения противоэрозионных полевых защитных мероприятий приводит к развитию площадной эрозии;

6) периодические пожары и нерегламентируемая самовольная вырубка древесно-кустарниковой растительности усугубляют ситуацию;

7) очень серьезной проблемой является качественное состояние почвенных ресурсов на приграничных территориях России и Китая [4, 6, 11].

Эти негативные природно-антропогенные факторы необходимо учитывать при разработке адаптивно-ландшафтных систем земледелия, в которых агролесомелиорация является неотъемлемой частью.

Агролесомелиоративные мероприятия по защите почвы от ветровой и водной эрозии и улучшению микроклимата предусматривают создание системы ЗЛН в виде совокупности взаимосвязанных своим влиянием на прилегающее пространство лесных полос и небольших массивов, целесообразно размещенных по территории землепользования с учетом рельефа местности и состояния почвенного покрова. Эта система включает следующие виды защитных насаждений [1, 13, 14]:

- полевые защитные лесные полосы шириной 12,5–15 м; их размещают на пашне в условиях равнины и на водоразделах для защиты полей от вредного действия суховея, метелей и ветровой эрозии;

- водорегулирующие (стокорегулирующие, снегораспределительные) лесные полосы шириной до 15 м и кустарниковые кулисы; их размещают на пахотных склонах для регулирования поверхностного стока и снегораспределения, уменьшения водной эрозии почвы, улучшения микроклимата полей;

- прибалочные и приовражные лесные полосы шириной 15–21 м вдоль балок и оврагов и овражно-балочные лесные насаждения внутри балок и оврагов для регулирования поверхностного стока воды, прекращения водной эрозии, хозяйственного использования непродуктивных земель, улучшения микроклимата на прилегающих полях.

Кроме этих основных для сельскохозяйственных полей видов мелиоративных насаждений имеются и другие, учитывающие специфику защищаемой агротерритории:

- лесные полосы на орошаемых землях вдоль оросительных и сбросных каналов для уменьшения испарения воды, понижения уровня грунтовых вод, защиты полей от суховея;

- лесные полосы на осушаемых землях, вдоль осушительных каналов для защиты их от засыпания и развития на полях ветровой эрозии;

- лесные полосы в садах, виноградниках и других территориях для уменьшения скорости ветра и улучшения микроклимата;

- лесные насаждения вокруг прудов, водохранилищ, вдоль рек и в поймах для задержания твердого стока, защиты от разрушения берегов, размыва и заноса песком пойм рек;

- полосы и куртинные насаждения на пастбищных землях для повышения продуктивности пастбищ и защиты животных от ветра и зноя;

— кулисные, куртинные и массивные лесные насаждения на неиспользуемых в сельском хозяйстве разбитых песчаных почвах для закрепления песков, превращения их в продуктивные земли;

— защитные и декоративные насаждения в сельских населенных пунктах и вокруг них для оздоровления окружающей среды и эстетического воспитания.

Правильно созданная система ЗЛН во взрослом состоянии представляет собой своеобразное устройство, которое при постоянно меняющихся погодных условиях автоматически регулирует их, улучшая микроклимат полей, сохраняя почву от ветровой и водной эрозии и повышая урожайность сельскохозяйственных культур [9].

На основе сопряженного анализа данных: космических снимков высокого разрешения Landsat 8, топографических и тематических карт, программы ArcMap была составлена электронная карта речных и балочных разнорядковых водосборов бассейна оз. Ханка в масштабе 1:200 000. В структуре изучаемого бассейна были выделены водосборы 3 иерархических уровней. Порядок определялся на основании восходящей классификации водосборов: водоток, впадающий в основное русло, имеет значение порядка на единицу больше. В пределах трансграничного бассейна было выделено 163 водосбора. Подсчитаны площади, занимаемые выделенными таксонами, длины водотоков, показатели густоты гидрографической сети и эрозионной расчлененности.

Модельным водосбором был выбран водосбор р. Большие Усачи, который находится в северо-западной части бассейна оз. Ханка в границах Ханкайского административного района. Площадь бассейна составляет 335 км². Для рассматриваемого района была составлена серия электронных (цифровых) слоев в масштабе 1:200 000: геоморфология, почвы, экспозиции склонов, структура землепользования. Комплексная физико-географическая оценка модельного водосбора позволила выяснить целостную картину современного состояния территории, характера хозяйственной деятельности, а также оценить степень антропогенных преобразований.

Подсчитано, что в структуре землепользования выделены 4 категории. Леса занимают 150,7 км² (45%) территории водосбора. На пашню приходится 107,2 км² (32%), на кормовые угодья и залежи соответственно — 33,5 и 26,8 км² (10 и 8%). В границах исследуемого водосборного бассейна вокруг пахотных угодий полосные насаждения отсутствуют. Между полями севооборотов в понижениях овражно-балочной сети, имеющих характерный древовидный рисунок, имеется естественная растительность, которая не оказывает мелиоративного влияния на прилегающие агротерритории. Такие площади сельскохозяйственных угодий нуждаются в создании систем ЗЛН, проектируемых с учетом существующих лесных ценозов.

На основе данных ландшафтного картографирования, дешифрирования космоснимков очень высокого разрешения SPOT и Ikonos (2013–2015 гг.) разработана пробная схема проектирования полевых защитных лесных полос (ПЗЛП) на ключевом участке. Участок расположен к северу от пос. Рассказово, на территории модельного водосбора. Занимает площадь 1700 га, из которых 575 га приходится на естественную древесно-кустарниковую растительность, а 1078 га — на пашню. Большую часть участка занимают буро-подзолистые почвы.

Для территории Приморского края применялись инструктивно- и нормативно-справочные материалы по проектированию и выращиванию ЗЛН, разработанные для безлесных территорий европейской части страны [1, 7, 13]. Учитывался важный фактор, что на землях сельскохозяйственного назначения в регионе, как правило, уже существуют естественные защитные системы, которые требуют лишь правильной организации территории, нуждаются в простейшей реконструкции и охране. Такие естественные защитные лесные системы как в экономическом, так и ландшафтно-биологическом отношении значительно отличаются от искусственных. Они имеют качественные преимущества перед искусственными посадками по стокорегулирующим и климаторегулирующим свойствам, дают существенную экономию труда, средств, времени, затрачиваемые на искусственное лесоразведение. Такие природные системы с видовым многообразием растительного и животного мира, сложной и устойчивой биогеоценотической структурой обеспечивают необходимую для успешного развития сельского хозяйства биологическую полноценность агроландшафтов [5].

Выбор параметров полезащитных полос для исследуемых типов почв определялся инструктивными указаниями [7], из которых важными являются длина и ширина продольных (основных) и поперечных (вспомогательных) насаждений. Продольные ПЗЛП располагают поперек направления основных вредоносных ветров (отклонение не более 30°), господствующих в данной местности, а поперечные — перпендикулярно продольным полосам.

Проектируемые полосы создавались с учетом рельефа территории, направления основных ветровых потоков, имеющегося рисунка полей, существующей системы естественной древесно-кустарниковой растительности и инструктивных указаний. В последних представлены рекомендации по подбору и смешению пород, способам создания защитных насаждений, их конструкции, уходу за почвой и рубкам ухода, а также планированию и организации лесомелиоративных работ.

Согласно указаниям, расстояние между основными полосами должно быть 350 м, продольными — 1500 м, ширина полос — 12 м (3-рядные). Соответственно, необходимая площадь пашни — 52,5 га, оптимальная площадь ПЗЛП — 4,3 га, а защищенность пашни — 8,2%. Подсчитано, что для создания мелиоративного эффекта на ключевом участке необходимо высадить ПЗЛП общей площадью 25,9 га, а количество полей должно быть 20 штук. Полосы должны быть ажурной конструкции, за счет которой скорость ветра снижается на 30–70%. Агротехника посадки насаждений, породный состав древесных и кустарниковых насаждений, уход за почвой и полосами подробно представлены в нормативных указаниях.

Наши исследования в этом направлении продолжаются. В настоящее время осуществляется работа по проектированию различных видов ЗЛН на территории всего модельного водосбора. В проекте будут представлены не только полезащитные, но также стокорегулирующие, приовражные насаждения, что определяется наличием уклона и эрозионных форм рельефа. Будут представлены придорожные насаждения, выполняющие одновременно ряд функций: полезащитную (наличие пахотных угодий рядом с дорогой), санитарно-оздоровительную, эстетическую и др.

Таким образом, интенсивное земледелие в пределах трансграничного бассейна оз. Ханка привело к частичному разрушению природных и антропогенных ландшафтов и усилению деградационных процессов, что повлекло за собой снижение их качественного состояния. Агролесомелиорация имеет огромное средоформирующее значение, способствуя преобразованию низкопродуктивных земель в экологически устойчивые высокопродуктивные агроландшафтные комплексы. В регионе необходимо создание систем ЗЛН, проектируемых с учетом агроклиматических и ландшафтных особенностей территорий.

Литература

1. Агролесомелиорация. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2006. 746 с.
2. Геосистемы Дальнего Востока России на рубеже XX–XXI веков. Т. 1. Владивосток: Дальнаука, 2008. 248 с.
3. Государственный (региональный) доклад о состоянии и использовании земель в Приморском крае в 2014 году. Владивосток, 2015. 241 с.
4. Дербенцева А.М., Ивлев А.М. Эрозия почв и мелиорация на Дальнем Востоке. Владивосток: Изд-во ДВГУ, 1986. 132 с.
5. Зархина Е.С. Защитная роль лесов на полях Приамурья // Лесоразведение и лесомелиорация. 1968. № 3. С. 15–20.
6. Ивашинников Ю.К. Палеогеоморфология депрессионных морфоструктур юга Дальнего Востока. М.: Наука, 1978. 133 с.
7. Инструктивные указания по проектированию и выращиванию защитных лесных насаждений на землях сельскохозяйственных предприятий. М.: Колос, 1973. 40 с.
8. О мелиорации земель в Приморском крае (с изменениями на 06.03.2015). Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/494215232> (дата обращения 26.04.2016).
9. Петров Н.Г. Система лесных полос. М.: Россельхозиздат, 1975. 117 с.
10. Природно-ресурсный потенциал Приморского края. Владивосток: Дальнаука, 1998. 186 с.
11. Росликова В.И. О состоянии почвенных ресурсов на приграничных территориях России и Китая // Вестник ДВО РАН. 2012. № 6. С. 144–119.
12. Росликова В.И., Рыбачук Н.А., Короткий А.М. Атлас почв Юга Дальнего Востока России (Приханкайская низменность). Владивосток: Дальнаука, 2010. 247 с.
13. Справочник агролесомелиоратора. М.: Лесная промышленность, 1984. 284 с.
14. Энциклопедия агролесомелиорации. Волгоград: ВНИАЛМИ, 2004. 680 с.

КАДАСТРОВАЯ СТОИМОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ БАСЕЙНА ОЗЕРА ХАНКА

На современном уровне хозяйственного освоения и использования территории бассейна оз. Ханка большое значение приобретает оценка земель сельскохозяйственного назначения. И это не только и не столько для обоснования земельного налога, но и для отвода земель под любое строительство, для расчета вариантов компенсационных выплат и других мероприятий.

Оценочные работы осуществлялись согласно постановлениям Правительства РФ № 945 от 25.09.1999 г. и № 316 от 8.04.2000 г. [7, 8]. Целью проведения этих работ было определение кадастровой стоимости различных сельскохозяйственных угодий по округам. При этом использовались сопровождающие постановления нормативно-методические материалы [1, 5, 9–11]. Существенным результативным

недостатком этих методик является оценка сельскохозяйственных угодий в целом как некоего условного единого образа, включающего различную пашню (богарную, осушенную, орошаемую), сенокосы и пастбища. Поэтому нами сбор данных для кадастровой оценки угодий и их обработка были модернизированы для получения кадастровой стоимости раздельно пашни разных видов использования, сенокосов и пастбищ. При сборе и систематизации данных использовались опубликованные, фондовые данные проектных организаций, и прежде всего БПИ ДВО РАН, Приморского филиала ин-та Дальгипрозем (Приморземпроекта), Примкомзема, Примземреестра, Примземкадастра.

Методологические, методические вопросы оценки, характеристика использованных исходных материалов изложены нами ранее [2–4, 6]. В данной работе обсуждаются результаты оценочных работ только по административным районам, входящим в бассейн оз. Ханка. Результаты этой оценки дифференцированы до сельскохозяйственных округов – территорий в границах бывших совхозов и колхозов.

Основные факторы, определяющие кадастровую стоимость сельскохозяйственных угодий в целом, и их величина по районам представлены в табл. 4.10.

Сельскохозяйственные угодья в бассейне оз. Ханка составляют более 44% от угодий Приморского края. Наибольшие их площади сосредоточены в Ханкайском, Хорольском, Спасском районах (в диапазоне 19–21% от площади всего района). То есть в бассейне оз. Ханка сосредоточен достаточно значительный массив сельхозугодий. По качеству эти угодья, если судить по баллу бонитета, несколько превышают среднекраевые показатели. Индекс технологических свойств незначительно превышает средний краевой в Хорольском и Спасском районах. По транспортной удаленности наиболее выгодные условия создаются в Михайловском и Спасском, менее выгодные, в сравнении с краевой – в Пограничном (84) и Хорольском (91 экв. км). Рентный доход только в Пограничном районе ниже

Таблица 4.10. Кадастровая оценка сельскохозяйственных угодий российской части бассейна оз. Ханка

№	Район	Оцениваемая площадь		Балл бонитета	Индекс технологических свойств	Удаленность, эквив. км	Рентный доход, руб./га	Кадастровая стоимость	
		тыс. га	% *					руб./га	%**
1	Пограничный	73,6	14,2	83	1,22	84	273	9 006	78,7
2	Ханкайский	109,7	21,1	86	1,20	62	349	11 522	100,6
3	Хорольский	108,8	20,9	87	1,24	91	316	10 422	91,1
4	Черниговский	42,1	8,1	86	1,20	52	347	11 460	100,0
5	Михайловский	86,1	16,6	89	1,20	31	412	13 582	118,7
6	Спасский	99,5	19,1	87	1,24	25	376	12 415	108,4
Всего по бассейну		519,8	100	100	1,22	58,2	347	11 443	100
Всего по краю		1 192,6	—	84	1,23	62	301	9 941	—

Примечание. Здесь и в табл. 4.11–4.15: * от общей площади угодья в бассейне; ** от средней по бассейну.

краевого. Наиболее высокая его величина отмечена в Михайловском районе. Этот доход по остальным районам изменяется от 316 до 412 руб./га, соответственно, для Хорольского и Михайловского районов (при среднекраевой величине 301 руб./га). Кадастровая стоимость всех районов, кроме Пограничного, существенно выше среднекраевой. Если сравнивать со средней по бассейну (11 443 руб./га), то только земли Михайловского района почти на 19% дороже, а Пограничного района – дешевле на 21%. Стоимость угодий остальных районов близка к средней величине.

Кадастровая стоимость немелиорированной пашни, которая сформировалась на суходольных местоположениях (переувлажняемых кратковременно, только в период ливневых дождей) на почвах бурых лесных типичных и оподзоленных, буро-подзолистых типичных и лугово-бурых типичных и оподзоленных, остаточного-пойменных и пойменных слоистых представлена в табл. 4.11.

Наибольшие площади немелиорированной пашни в бассейне оз. Ханка приходятся на Михайловский (22%), Ханкайский (20%), Спасский (18%) районы. Общая площадь по бассейну составляет 53% от площади этих земель по краю. Однако качество этих земель намного выше (92–95 баллов) среднего балла бонитета земель по краю (62). Наиболее плодородны эти угодья в Хорольском, Михайловском и Спасском районах. В соответствии с бонитетом распределяются по районам рентный доход и кадастровая стоимость. Величины последней изменяются от 11 616 (Пограничный район) до 13 563 руб./га (Михайловский район).

Осушенная пашня представляет собой сезонно переувлажняемые земли мелиоративных систем различной конструкции: осушаемых открытой сетью каналов для сброса избыточной влаги с поверхности и из пахотного горизонта; осушаемых закрытым дренажом для отвода верховодки из пахотного и подпахотных горизонтов внутрипочвенно по пластмассовым дренам. То есть в их стоимость включаются затраты на улучшение земель. Эти земли приурочены к бурым лесным глееватым, оподзоленно-глееватым, буро-подзолистым глееватым и лугово-бурым глееватым,

Таблица 4.11. Кадастровая оценка пашни немелиорированной

№	Район	Оцениваемая площадь пашни		Балл бонитета	Расчетный рентный доход, руб./га	Кадастровая стоимость	
		всего, тыс. га	% *			руб./га	% **
1	Пограничный	37,2	13,3	92,7	352	11 616	93
2	Ханкайский	56,3	20,2	93,7	382	12 606	100
3	Хорольский	48,2	17,3	94,7	340	11 220	89
4	Черниговский	24,1	8,6	92,2	387	12 771	102
5	Михайловский	61,5	22,0	94,0	411	13 563	108
6	Спасский	51,8	18,6	93,9	397	13 101	104
Всего по бассейну		279,1	100,0	93,7	380	12 551	100
Всего по краю		525,9	94,0	62,0	364	12 012	—

луговым глеевым и оподзоленно-глеевым, остаточно-пойменным и пойменным слоистым глееватым, торфянисто- и торфяно-глеевым почвам.

Осушенная пашня бассейна оз. Ханка составляет 30,6% от таковой пашни по краю (табл. 4.12). Наибольшие площади этих земель сосредоточены в Спасском районе (36% от площади по бассейну). Пятая часть (21%) приурочена к Хорольскому району. Бонитет этих земель выше, чем пашни немелиорируемой, и колеблется от 81 (Пограничный район) до 92 баллов (Хорольский район) при среднем по бассейну 85,5 балла (средняя краевая величина 85,1).

В бассейне оз. Ханка орошаемая пашня занимает площадь более 48 тыс. га. Это составляет 87% от общей площади такой пашни по краю (табл. 4.13). Наибольшие площади этих земель сосредоточены в Хорольском (42%) и Ханкайском (35%) районах. В Пограничном и Михайловском районах орошаемой пашни нет. Качество этих земель наиболее высокое (86–97 баллов). Оно обусловлено капитальностью инженерных рисовых систем, механизированной водоподачей, использованием в качестве источника поливной воды – вод оз. Ханка, преимущественным использованием тяжелых по гранулометрическому составу высокоплодородных луговых глеевых почв с низкими фильтрационными свойствами и низкими величинами норм первоначального затопления рисовых систем.

Рентный доход из-за возделывания такой рентабельной культуры, как рис, очень высокий (1244–1468 руб./га) при среднекраевом 1257 руб./га. Кадастровая стоимость орошаемой пашни колеблется в пределах 41 052 (Спасский район) – 48 444 руб./га. Средняя по бассейну составляет 42 838 при средней по краю 41 481 руб./га.

Сенокосные угодья имеют существенное значение в кормопроизводстве крупного рогатого скота. В бассейне оз. Ханка, как и по территории всего края, преобладают сенокосы естественные, разнотравно-вейниковые, вейниковые и осоково-вейниковые с мизерным количеством в травостое бобовых видов. Поэтому кормовая их ценность небольшая. Площадь сенокосов в бассейне оз. Ханка 60 тыс. га, что составляет 33% от площади по краю (табл. 4.14). Наибольшие площади, более 11 тыс. га, в Пограничном, Ханкайском, Хорольском и Михайловском

Таблица 4.12. Кадастровая оценка пашни осушенной

№	Район	Оцениваемая площадь пашни немелиорированной		Балл бонитета	Расчетный рентный доход, руб./га	Кадастровая стоимость	
		тыс. га	% *			руб./га	%**
1	Пограничный	3,5	11,4	81,3	540	17 820	95,6
2	Ханкайский	3,5	11,4	84,9	566	18 678	100,2
3	Хорольский	6,5	21,1	92,4	556	18 348	98,4
4	Черниговский	4,6	14,9	84,1	575	18 975	101,8
5	Михайловский	1,6	5,2	87,6	610	20 130	108,0
6	Спасский	11,1	36,0	83,3	567	18 711	100,4
Всего по бассейну		30,8	100	85,5	565	18 642	100,0
Всего по краю		100,8	—	85,1	550	18 150	—

Таблица 4.13. Кадастровая оценка пашни орошаемой

№	Район	Оцениваемая площадь орошаемой пашни		Балл бонитета	Расчетный рентный доход, руб./га	Кадастровая стоимость	
		тыс. га	% *			руб./га	%**
2	Ханкайский	17,1	35,4	86,3	1 270	41 910	97,8
3	Хорольский	20,3	42,0	86,8	1 249	41 217	96,2
4	Черниговский	2,7	5,6	97,0	1 468	48 444	113,1
6	Спасский	8,2	17,0	86,9	1 244	41 052	95,8
Всего по бассейну		48,3	100,0	87,2	1268	42 838	100,0
Всего по краю		55,2	—	88,9	1 257	41 481	—

районах. По баллам бонитета наиболее ценные сенокосы в Черниговском районе (88,4), наименее ценные — в Пограничном районе (75,7 баллов). Соответственно, рентный доход сенокосов равняется 91 и 79 руб./га, а кадастровая стоимость изменяется от 3 003 до 2 607 руб./га.

По отношению к сенокосам пастбища являются естественной летней кормовой базой.

В бассейне оз. Ханка пастбища занимают 107,3 га, почти треть (32%) площади пастбищ края (табл. 4.15). В Приморском крае культурные пастбища отсутствуют — нет пастбищеоборотов, нет должного ухода за их состоянием. Поэтому бонитет их колеблется от 70,3 (Пограничный район) до 81 балла (Спасский район) при среднем по краю 69,9 и среднем по бассейну 72,9 балла.

Рентный доход во всех районах равен 41 при среднекраевом всего 42 руб./га. Только в Спасском районе его величина равняется 45 руб./га. Кадастровая стоимость пастбищ при их низкой продуктивности только для Спасского района равняется 1 485 руб./га. В остальных районах бассейна она составляет 1 353 руб./га.

Таблица 4.14. Кадастровая оценка сенокосов

№	Район	Оцениваемая площадь сенокосов		Балл бонитета	Расчетный рентный доход, руб./га	Кадастровая стоимость	
		тыс. га	% *			руб./га	%**
1	Пограничный	11,2	18,7	75,7	79	2 607	94,5
2	Ханкайский	11,1	18,5	89,4	92	3 036	110,0
3	Хорольский	11,6	19,3	81,2	84	2 772	100,5
4	Черниговский	3,7	6,2	88,4	91	3 003	108,8
5	Михайловский	12,7	21,2	75,5	79	2 607	94,5
6	Спасский	9,7	16,2	79,2	82	2 706	98,1
Всего по бассейну		60,0	100,0	80,6	83,6	2 759	100,0
Всего по краю		179,5	—	78,8	82	2 706	—

Таблица 4.15. Кадастровая оценка пастбищ

№	Район	Оцениваемая площадь пастбищ		Балл бонитета	Рентный доход, руб./га	Кадастровая стоимость	
		тыс. га	% *			руб./га	%**
1	Пограничный	21,8	20,3	70,3	41	1 353	98,3
2	Ханкайский	21,6	20,1	71,9	41	1 353	98,3
3	Хорольский	22,6	21,1	71,1	41	1 353	98,3
4	Черниговский	7,3	6,8	72,0	41	1 353	98,3
5	Михайловский	15,2	14,2	71,5	41	1 353	98,3
6	Спасский	18,8	17,5	81,0	45	1 485	107,9
Всего по бассейну		107,3	100,0	72,9	42	1 376	100,0
Всего по краю		336,7	69,9	41	1 353	336,7	69,9

Это совпадает со среднекраевой стоимостью и незначительно (на 20 руб./га) ниже по бассейну.

Проведенная кадастровая оценка различных земель сельскохозяйственного назначения позволяет использовать полученные материалы для расчета дифференцированных компенсационных выплат при отчуждении земель и строительстве мелиоративных сооружений в бассейне оз. Ханка.

Литература

1. Государственная кадастровая оценка сельскохозяйственных угодий Российской Федерации: практ. пособие. М.: Роскомзем, 2000. 151 с.
2. Костенков Н.М., Ознобихин В.И. Кадастровое оценочное районирование Приморского края // Проблемы землеустройства и почвоведения на Дальнем Востоке России. Уссурийск: ДВО ДОП РАН, 2001а. С. 41–50.
3. Костенков Н.М., Ознобихин В.И., Травин В.А. и др. Кадастровая оценка земель субъекта Федерации: состояние и проблемы (на примере Приморского края) // Проблемы землеустройства и почвоведения на Дальнем Востоке России. Уссурийск: ДВО ДОП РАН, 2001б. С. 51–67.
4. Костенков Н.М., Ознобихин В.И., Жарикова Е.А. и др. Кадастровая оценка земель Приморского края // Международный сельскохозяйственный журнал. 2007. № 1. С. 47–51.
5. Методика государственной кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения в субъектах Российской Федерации. М.: Роскомзем, 1999. 9 с.
6. Ознобихин В.И., Костенков Н.М., Жарикова Е.А. и др. Методология, методика и результаты кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения Приморского края // Проблемы земельного законодательства, рационального землеустройства и природообустройства, ресурсного почвоведения в Дальневосточном федеральном округе / Тр. Дальневост. отд. Докучаевского об-ва почвоведов РАН. Владивосток: ДВО ДОП РАН, 2008. Т. 4. С. 28–56.
7. Постановление правительства РФ № 316 от 8 апр. 2000 г. «Об утверждении правил проведения Государственной кадастровой оценки земель».
8. Постановление правительства РФ № 945 от 25 авг. 1999 г. «О государственной кадастровой оценке земель».
9. Правила государственной кадастровой оценки сельскохозяйственных угодий в субъекте Российской Федерации. М.: Роскомзем, 2000. 16 с.
10. Технические указания по государственной кадастровой оценке сельскохозяйственных угодий в субъекте Российской Федерации. М.: Роскомзем, 2000. 68 с.
11. Указания по подготовке информации для кадастровой оценки сельскохозяйственного назначения в субъектах Российской Федерации. Москва; Омск: РосНИИземпроект, 1999; М.: Роскомзем, 2000. 11 с.

ОСОБЕННОСТИ СОДЕРЖАНИЯ И КРУГОВОРОТА МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМЕ «ПОЧВА—РАСТЕНИЕ» В ЛУГОВО-БУРЫХ ПАХОТНЫХ ПОЧВАХ ПРИХАНКАЙСКОЙ НИЗМЕННОСТИ

Изучение круговорота микроэлементов в агроэкосистеме представляет собой один из центральных вопросов взаимоотношений между почвой, растительностью и человеком. Основными источниками поступления микроэлементов в организм человека являются пищевые продукты растительного и животного происхождения, получение которых находится в сфере сельскохозяйственного производства. Питьевая вода покрывает лишь от 1 до 10% суточной потребности в таких микроэлементах, как I, Cu, Zn, Mn, Co, Mo, и только для отдельных (F, Sr) служит главным источником [17].

Элементный состав системы «почва—растение» определяется потребностями и биологическими особенностями растительных организмов и содержанием элементов питания в почвенной среде. Каждое растение нуждается в микроэлементах, которые должны присутствовать в требуемых количествах и находиться в доступной форме. Полный цикл биологического круговорота микроэлементов в биоценозах состоит из поглощения их растениями и поступления в почву после отмирания растений. В агрофитоценозах специфика круговорота микроэлементов в значительной мере зависит от привноса их с удобрениями и выноса биомассой возделываемых культур. С полей отчуждается от 20 до 80% всей биопродукции, что, несомненно, вызывает изменение баланса элементов в системе [13]. Избыток или недостаток микроэлементов в почвах приводит к нарушению физиологических процессов в живых организмах и возникновению заболеваний, которые называют эндемичными. Для предотвращения их развития особое внимание должно уделяться комплексному изучению микроэлементов в растительных организмах и почвенной среде, где, как стало известно, микроэлементы активно аккумулируются почвенными железо-марганцевыми конкрециями (далее ЖМК), становятся малоподвижными, недоступными для растений и выходят из биологического круговорота на неопределенное время [23, 24, 31]. Активное накопление микроэлементов в ЖМК, с одной стороны, порождает их дефицит, с другой — снижение высоких концентраций, что в равной мере оказывает огромное влияние на качественные и количественные показатели получаемой сельскохозяйственной биопродукции. Лугово-бурые почвы составляют основной объем пахотного фонда в Приморском крае. Наличие богатого Fe-, Mn-содержащего минерального субстрата и муссонный климат, обеспечивающий контрастную смену периодов иссушения и увлажнения, приводят к активному формированию конкреций, содержание конкреций в почвах отдельных участков может достигать 20% от объема почвенной массы. Химический состав ЖМК на сегодняшний день довольно хорошо изучен, но сведения о содержании микроэлементов в них весьма ограничены. Результаты отдельных работ свидетельствуют о накоплении в конкрециях Mn, Co, Pb, Cd, Cu и о том, что уровень содержания микроэлементов в конкрециях различных типов почв существенно варьирует. Особый интерес

вызывает ограничение подвижности микроэлементов конкрециями, сопровождаемое их выводом из биологического круговорота на неопределенное время [5, 7, 20, 28, 29]. При этом факторы, влияющие на интенсивность аккумуляции микроэлементов в почвенных новообразованиях (ЖМК), остаются не раскрыты и возможность накопления большинства микроэлементов недостаточно проанализирована. В рамках регионального почвоведения результатов исследований, охватывающих рассматриваемые вопросы, практически нет.

Цель работы: изучить особенности круговорота микроэлементов в системе «почва–растение» при активном формировании конкреций в лугово-бурых пахотных почвах.

Объекты и методы исследований

Для того чтобы иметь реальное представление о масштабе перемещения микроэлементов в системе «почва–растение», и для более полного отражения сложившейся экологической обстановки в пахотных почвах Приханкайской низменности проведено исследование микроэлементного состава почв, ЖМК и сельскохозяйственных растений на пяти ключевых участках, охватывающих юго-восточную, южную и юго-западную часть побережья оз. Ханка. Ключевые участки были выделены на территории, используемой в сельскохозяйственном производстве в зоне распространения лугово-бурых почв. Выбор почв был обоснован результатами работ авторов, которыми были подробно изучены основные почвенные свойства и отмечено наличие условий, приводящих к образованию, росту и развитию ЖМК [5, 14, 20].

Лугово-бурые почвы сформированы на плотных бурых глинах, содержание гумуса в верхнем горизонте почв колеблется от 3 до 5%, реакция среды по всему профилю слабокислая (рН солевой 4,5–5,7), почвенный поглощающий комплекс насыщен основаниями, в составе которых преобладает Са. Гранулометрический состав однородный глинистый (содержание глинистых и илистых частиц в верхнем горизонте 80–85%), что является причиной их высокой плотности и низкой водопроницаемости [5].

Отбор почвенных образцов проводился в пахотном слое мощностью до 25 см с учетом массы отобранных образцов для последующего пересчета относительного содержания ЖМК к весу почвенной массы. Конкреции выделяли из почвы методом мокрого просеивания через мелкочаеистые (0,5 мм) капроновые сита с предварительным отмачиванием в воде и последующей декантацией. Дальнейшая очистка конкреций от посторонних примесей проводилась в лабораторных условиях с помощью электромагнитного сепаратора марки 138Т (Россия) при силе тока 10 А, что стало возможным за счет высокого содержания в конкрециях высокодисперсных гидроокислов железа, обладающих магнитными свойствами [31]. Сбор и учет урожая рассматриваемых культур по фракциям проводился по общепринятым методам [5].

Определение микроэлементного состава (Mn, Zn, Ni, Mo, Co, Pb, Cr, Cu, Cd) почвенного, конкреционного и растительного материала выполнено на атомно-

эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Optima 2100 DV («Perkin Elmer», США). Достоинствами данного метода являются его высокая точность, возможность определения различных форм микроэлементов в широком диапазоне их концентраций. Кроме того, данный метод отличается большей чувствительностью, воспроизводимостью и обеспечивает высокую производительность анализа. Экстракция различных форм микроэлементов из исследуемых образцов проводилась следующими методами: валовые формы определяли после полного химического разложения пробы, с предварительным сплавлением со щелочным плавнем. При анализе подвижных форм была проведена экстракция в кислотной (1,0 н. HCl) и водной вытяжках. Используемая кислотная вытяжка является групповой по отношению к ряду рассматриваемых микроэлементов, позволяет ускорить анализ и применить поточный метод. Извлечение микроэлементов из растительных образцов проводилось методом сухого озоления [18].

Фотографии поверхности конкреций были получены на сканирующем электронном микроскопе марки LEO40 в центре коллективного пользования «Биотехнология и генетическая инженерия» БПИ ДВО РАН.

Результаты и обсуждение

Содержание микроэлементов в почвах и железо-марганцевых конкрециях

Содержание валовых форм микроэлементов в исследуемых почвах приведено в табл. 4.16.

Для основных микроэлементов почв Приморья существуют специально разработанные кларки с учетом региональной специализации почвенного покрова, что отличает их от общероссийских и позволяет провести сравнение микроэлементного состава лугово-бурых почв более объективно [5]. При сопоставлении с региональными кларками отмечается пониженное содержание Ni, Mo и Cd. Также

Таблица 4.16. Вариационно-статистические показатели содержания валовых форм микроэлементов в почвенном и конкреционном материале лугово-бурых пахотных почв (мг/кг) при $n = 75$

Элемент	Предел колебаний		Среднее арифметическое значение + ошибка среднего арифметического значения		Среднее квадратичное отклонение	
	Почва	ЖМК	Почва	ЖМК	Почва	ЖМК
Mn	1463,1–1441,0	11512,3–8960,1	1456,2 $\pm$ 0,5	10541,6 $\pm$ 79,9	1,50	239,74
Zn	12,04–9,21	5,25–3,16	10,35 $\pm$ 0,08	4,26 $\pm$ 0,05	0,25	0,16
Ni	11,18–8,11	65,17–53,61	9,46 $\pm$ 0,09	59,48 $\pm$ 0,33	0,28	1,00
Mo	0,86–0,73	2,20–1,35	0,81 $\pm$ 0,002	1,83 $\pm$ 0,02	0,006	0,07
Co	29,68–22,83	163,14–146,81	25,25 $\pm$ 0,25	152,64 $\pm$ 0,62	0,75	1,85
Pb	29,83–26,22	162,59–148,58	28,27 $\pm$ 0,11	154,27 $\pm$ 0,43	0,32	1,45
Cr	71,19–67,02	122,38–108,86	69,09 $\pm$ 0,12	116,88 $\pm$ 0,45	0,35	1,36
Cu	25,00–18,93	114,66–100,11	22,09 $\pm$ 0,18	106,80 $\pm$ 0,45	0,54	1,35
Cd	0,31–0,22	0,24–0,15	0,26 $\pm$ 0,002	0,20 $\pm$ 0,001	0,006	0,005

к элементам, находящимся в недостаточном количестве, относится Zn, его содержание колеблется от 9 до 12 мг/кг, что в 5 раз меньше регионального и в 3,5 меньше общероссийского кларка. По литературным данным, содержание Zn в почвах естественных ландшафтов исследованной территории относительно стабильно и в зависимости от типа почв и сочетания почвообразующих факторов колеблется от 35 до 75 мг/кг почвы. В почвах агроэкосистем в большинстве случаев отмечается дефицит этого элемента, что можно объяснить истощением почвы в результате постоянного изъятия Zn с урожаем и практически полным отсутствием его восполнения [21, 22]. Валовое содержание Mn приближено к величине регионального кларка (1510 мг/кг), но почти в 2 раза превышает российский. Содержание Pb, Cu, Co и Cr находится в пределах кларка.

Последствия происходящего микроэлементного истощения пахотных почв довольно очевидны. Необходимо отметить, что процессы истощения почв микроэлементами в полной мере недооцениваются. Полом Бергером установлено, что за последние 30 лет содержание микроэлементов в почвах уменьшилось на 15–50% [1]. Причем четко просматриваются закономерные последствия происходящих процессов по всем этапам трофических связей. Избавиться от отрицательного влияния недостатка микроэлементов можно единственным путем — внесением в почву недостающих микроэлементов, но это весьма дорогостоящее мероприятие и при современном финансировании сельскохозяйственной отрасли для многих хозяйств недоступно.

Огромное значение при изучении микроэлементов в почвах, используемых в сельском хозяйстве, приобретают сведения об их подвижных формах, которые являются наиболее доступными для растений и способны мигрировать по почвенному профилю вплоть до грунтовых вод. Было определено содержание микроэлементов непосредственно в почвенном растворе (водорастворимая форма) и ионов, находящихся в обменном состоянии в составе почвенного поглощающего комплекса (кислоторастворимая форма). Величина водорастворимой формы оказывает наибольшее влияние на возделываемые культуры и является достоверным показателем оценки запаса доступных растениям форм соединений микроэлементов, так как сами растения не располагают таким аппаратом, который воздействует на почву подобно агрессивной вытяжке. Но для практических целей немалый интерес представляет информация о менее подвижных, обменных соединениях микроэлементов, которые в случае изменения почвенных условий, главным образом кислотно-щелочной обстановки, могут оказаться в почвенном растворе и таким образом стать более доступными для поглощения растениями. Такие соединения рассматриваются как «ближний резерв» в подпитке ионного потока из почвы растениями [11].

Полученные результаты указывают на значительные колебания в содержании подвижных форм микроэлементов относительно их валового объема (табл. 4.17).

В лугово-бурых почвах отмечена высокая обеспеченность почв подвижными формами Co, оптимальная и высокая обеспеченность Mn и низкая обеспеченность почв Cu и Zn. Для остальных элементов, к сожалению, нет общепринятых эталонов и научно обоснованных шкал, по которым можно было бы с достаточной объек-

Таблица 4.17. Содержание подвижных форм микроэлементов в лугово-бурых пахотных почвах и конкрециях (% от валового)

Элемент	Предел колебаний	
	Кислоторастворимая форма (1н HCl)	Водорастворимая форма (H ₂ O)
Mn	<u>14–29</u> 9–23	<u>0,01–0,03</u> 0,06–0,07
Zn	<u>7–14</u> 4–5	<u>0,01–0,5</u> не обн.
Ni	<u>20–43</u> 15–39	<u>0,1–0,8</u> 0,06–0,2
Mo	<u>18–33</u> 9–35	<u>2–10</u> 1,0–3,5
Co	<u>28–39</u> 13–20	<u>0,2–0,6</u> 0,2–0,3
Pb	<u>17–21</u> 5–11	<u>0,1–0,8</u> 0,01–0,1
Cr	<u>5–8</u> 19–27	<u>0,01–0,03</u> 0,01–0,03
Cu	<u>6–19</u> 13–23	<u>0,1–0,3</u> 0,01–0,02
Cd	<u>15–27</u> 8–17	<u>0,001–0,6</u> не обн.

П р и м е ч а н и е . Над чертой – содержание подвижных форм элементов в почвах, под чертой – содержание подвижных форм элементов в конкрециях.

тивностью судить о том, насколько содержание элементов в почве соответствует необходимому для растений уровню.

Концентрация Cd в водном растворе исследованных почв крайне низкая и в некоторых случаях не поддается определению выбранным методом. Подвижные формы Cd в почвах представлены его соединениями с глинистыми минералами и оксидами Fe, обладающими большой склонностью к селективной адсорбции этого элемента, а также соединениями, связанными с органическим веществом почв [4]. Кислоторастворимые формы Mn занимают в среднем четвертую часть от валового объема, а содержание водорастворимых форм не достигает даже 1% и соответствует 0,10–0,20 мг/кг. Степень мобильности Mn тесно связана с величиной pH почвенного раствора и окислительно-восстановительным потенциалом. В кислой, восстановительной среде Mn становится более подвижным. В почвенном растворе Mn образует ряд простых и комплексных ионов, а также несколько оксидов, из которых наиболее распространены MnO₂ и MnO₄, представляющие собой аморфные соединения, однако в некоторых почвах идентифицированы их кристаллические разновидности, такие как литиофорит и бернессит [12]. Несмотря на достаточное количество валовых форм Mn в лугово-бурых почвах, его подвижность оказалась невысокой, отчего велика вероятность возникновения дефицита этого элемента для растений. Уровни кислоторастворимых соединений Pb не превышают 21% от их валового объема, содержание водорастворимых форм

составляет десятые доли процента, а их абсолютные величины не превышают 0,11–0,12 мг/кг. По имеющимся данным, Pb среди группы тяжелых металлов наименее подвижен, его естественные концентрации в почвенных растворах, полученные разными методами, составляют от 0,6 до 8 мг/кг. Соединения Pb, извлекаемые 1н HCl, представляют собой Pb-органические комплексы и оксиды с участием Fe, Mn и карбонатов [12, 30]. Содержание подвижных форм Ni, Cu и Zn подвержено резким колебаниям в исследованных почвах. Максимальное содержание кислоторастворимой фракции Ni в почвах составляет 43%. Содержание водорастворимой формы этого элемента колеблется от минимальных – следовых значений до 0,8%, что соответствует широкому пределу от 0,01 до 0,60 мг/кг. Характер распределения кислоторастворимых форм Cu свидетельствует о невысоком содержании подвижных форм этого элемента. Содержание водорастворимой Cu по отношению к валовому объему соответствует 0,01–0,11 мг/кг. Подвижность Cu в почвах контролируется, главным образом, реакциями этого элемента с активными группами на поверхности твердой фазы и органо-минеральным почвенным комплексом [8]. Количество Zn, входящего в состав кислоторастворимых соединений, для всех исследованных почв не превышает 14% от валового содержания. Содержание водорастворимой формы варьирует от следовой величины до 0,5%. Подвижный Zn в почвах ассоциируется, главным образом, с органическими комплексами и его легкоподвижными соединениями, где он присутствует в виде Zn^{2+} [12]. Примечательным оказалось содержание подвижных форм Co, которые составили 28–39% от валового содержания для кислоторастворимых форм и 0,2–0,6% для водорастворимых. Невысокое содержание водорастворимого Co в почвенном растворе связано с его активной сорбцией оксидами Fe, Mn и глинистыми минералами, что определяет крайне низкий уровень миграции элемента в растворенной фазе [15]. Подвижность Co также, в значительной мере, зависит от качественного состава органического вещества, причем органические комплексы хелатного типа этого элемента являются легкоподвижными и доступными для растений. Содержание кислоторастворимого Mo в изученных почвах колеблется от 18 до 33% при среднем содержании 0,30 мг/кг. Обеспеченность почв водорастворимой формой Mo обнаруживает существенные различия и варьирует от 2 до 10%. Самый низкий уровень кислоторастворимых форм отмечен у Cr (5–8%). Для исследуемых почв характерно весьма незначительное содержание водорастворимых соединений этого элемента, их определение в половине случаев оказалось невозможным из-за очень малой величины. Невысокое содержание подвижных соединений Cr свидетельствует о преимущественном его нахождении в форме трехвалентного иона, соединения которого в почве считаются весьма стабильными и малорастворимыми [12, 27].

Полученные результаты указывают на несбалансированность микроэлементного состава почв. Для почв, используемых в сельскохозяйственном производстве, это явление весьма распространенное и, прежде всего, связано с неравным поступлением и выносом микроэлементов в системе «почва–растение». Наряду с этим немаловажное значение имеют особенности внутрпочвенных процессов преобразования микроэлементов, в которых активное участие принимают ЖМК. Одной из основных задач наших исследований является оценка уровня воздействия

ЖМК на состояние микроэлементов в агроэкосистеме. Результаты, полученные ранее, показали, что в отношении некоторых микроэлементов конкреции выполняют роль мощных аккумуляторов [31]. Причем среди них обнаружены элементы, относящиеся к разряду жизненно необходимых (Mn, Cu, Co, Mo и др.). Поэтому учет количества конкреций, формирующихся в исследуемых почвах, имеет большое значение для баланса микроэлементов, особенно в системе «почва—сельскохозяйственная культура». Содержание ЖМК в исследованных почвах варьирует от 1,5 до 3% от веса почвенной массы. Основной объем ЖМК представлен бурыми мелкими конкрециями размером 2–3 мм в диаметре и около 25% приходится на конкреции от 3 до 6–7 мм (рис. 4.13, 4.14).

Общее содержание микроэлементов в ЖМК свидетельствует о явном превышении почвенной концентрации и, соответственно, кларковых величин (табл. 4.16). Учитывая содержание микроэлементов в почве и аккумулирующую способность конкреций, можно сделать вывод, что ЖМК вполне могут выступать в роли основных накопителей элементов, вносимых с удобрениями, и являться одной из причин их дефицита. По нашим данным, из всего объема микроэлементов, содержащихся в пахотных горизонтах исследованных почв, в ЖМК удобряемых участков сосредоточено до 45% Mn, 20–25% Co, 8–12% Pb и Ni, от 3 до 5% Mo, Cu, Cr, около 2% Cd, менее 0,5% Zn. Аналогичные расчеты относительно Mn представлены в работе В.И. Голова [5], где также отмечено, что большая часть почвенного Mn в основных типах почв Приморского края сосредоточена именно в ЖМК, и эта величина составляет от 55% в верхнем, пахотном, горизонте до 90% в подпахотном.

Преобладающая часть объема кислоторастворимых форм элементов в конкрециях исследованных почв представлена Mn, Cr, Co, Ni и Cu. Несмотря на большее абсолютное значение, отношение валовых и кислоторастворимых форм элементов в конкрециях ниже такового в почвах. ЖМК по сравнению с вмещающими горизонтами особенно обеднены кислоторастворимыми формами Pb, Co, Cd, Zn и Mn. В конкрециях доля кислоторастворимого Cr увеличивается от 2,5 до 5,5 раз.

Распределение элементов, извлекаемых водной вытяжкой из конкреций, аналогично распределению кислоторастворимых соединений. В составе водо-



Рис. 4.13.
Бурые мелкие конкреции

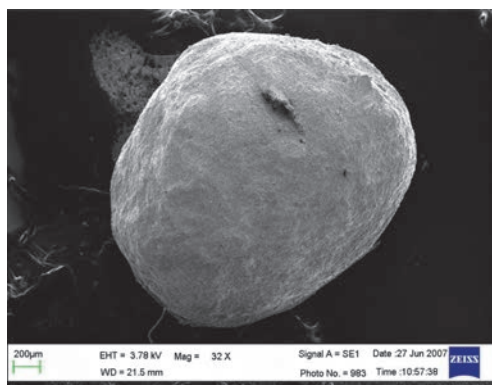


Рис. 4.14. Поверхность бурых мелких конкреций, увеличение 32х

растворимой фракции в конкрециях доминируют Mn, Co, Ni, Pb, Cr. Определение водорастворимых форм Cd, в некоторых случаях Zn и Cu не представляется возможным ввиду их низкого содержания. В подавляющем большинстве случаев относительное содержание водорастворимых форм микроэлементов в почвах больше, чем в конкрециях.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что наряду с существенным превышением содержания валовой формы микроэлементов в ЖМК над почвенным уровнем степень их закрепления в конкрециях во многом зависит от специфики самого элемента. Одни длительное время находятся в потенциально доступной и подвижной формах, другие входят в труднорастворимые соединения и прочно связаны с конкреционным веществом.

Содержание микроэлементов в растениях

Наиболее важная роль микроэлементов в растительном организме сводится к регулированию возможности синтеза полного спектра ферментов, позволяющих более интенсивно использовать энергию, воду, питание и повышать иммунитет растений. На химический состав растений влияет большое число одновременно действующих факторов, основными из которых являются генетический (избирательность поглощения элементов различными видами) и экологический (уровень содержания элементов в питающей среде) [9].

Из представленных результатов видно, что в растительных тканях как пшеницы, так и сои, несмотря на совершенно разную физиологию, концентрация Mn, Zn, Cr и Cu выше содержания остальных исследованных элементов (табл. 4.18).

Известно, что масштаб поглощения элементов прямо связан с их ролью в жизни растений [25]. Соответственно, в растениях наблюдается несколько иное соотношение элементов, чем в почвах. Zn, Mn, Cu относят к «элементам жизни», чья физиологическая роль связана прежде всего с участием в ключевых метаболических процессах (дыхание, фотосинтез, углеводный и белковый обмен и т.п.). Роль Cr в жизни растений полностью не раскрыта, имеются лишь некоторые сведения о связи его с белковыми молекулами, о стимулирующем влиянии на развитие растений и о весьма изменчивых уровнях содержания, что определяется характером растительной ткани и стадией роста [11, 12].

Отличительной особенностью микроэлементного состава сои является уровень содержания Ni, который оказался в 3 раза выше, чем в пшенице, а также концентрация Zn, Mo, Cu, превышающая содержание во второй исследуемой культуре в 1,5–2 раза. В свою очередь, растения пшеницы содержат больше Co и Cr, что

Таблица 4.18. Среднее содержание микроэлементов в различных культурах (мг/кг сухой массы)

Объект	Э Л Е М Е Н Т								
	Mn	Zn	Ni	Mo	Co	Pb	Cr	Cu	Cd
Кларк*	240,0	50,0	2,0	0,6	1,0	2,5	1,8	10,0	0,005
Пшеница	103,5	47,7	4,8	1,0	1,8	2,3	26,7	13,5	0,050
Соя	77,9	54,3,6	12,9	1,1	0,8	1,3	21,3	31,4	0,017

* По данным В.В. Добровольского [6].

наверняка связано со специфической ролью указанных элементов в жизни бобовых и злаковых культур. Ni входит в разряд слабо изученных элементов, и его функции в растительном организме до конца не раскрыты. Однако установлен факт его вхождения в состав фермента уреазы, что явно указывает на возможность потребления этого элемента клубеньковыми бактериями, следовательно, и на увеличение содержания в биомассе бобовых культур [2]. Mo и Cu активизируют процессы связывания атмосферного азота, участвуют в восстановлении NO_3^- , способствуют синтезу и обмену белковых веществ [9]. Соя по отношению к Zn относится к среднечувствительным культурам, его значение для роста растений тесно связано с участием в азотном обмене. Под влиянием цинка повышается синтез сахарозы, крахмала, общее содержание углеводов и белковых веществ [9, 25]. Несколько необычным оказалось поведение Co, физиологическая роль которого, как известно, проявляется в усилении азотификации, повышении содержания хлорофилла в листьях и витамина B_{12} в клубеньках. Необходимость Co для бобовых давно установлена и отражена в работах многих авторов [25]. Но в нашем случае содержание элемента в биомассе сои в 2 раза меньше по отношению к его концентрации в биомассе пшеницы. Изучение распределения Co по различным органам сои выявило резкое снижение содержания в надземной части растений до минимальных значений в ассимилятивных органах. При этом изначальная концентрация Co в корнях сои оказалась больше содержания в корневой зоне пшеницы на 25–30%. Картина распределения Co по разным частям пшеницы иная, при пониженном (по отношению к сое) содержании элемента в корнях уровень концентрации в стеблях снижается не более чем на 40%, в зерне снова увеличивается и приближается к содержанию в подземной части. Можно сделать предположение либо об исключительной роли Co в жизнедеятельности злаковых культур, либо о большей толерантности сои к данному элементу. Не одно из предположений в настоящий момент не имеет достоверного научного подтверждения. Для Pb отмечено 1,5-кратное увеличение его содержания в биомассе сои. Так же как для Cr и Ni, в отношении Pb не существует каких-либо свидетельств, раскрывающих его роль в жизни растений, однако имеются сообщения о стимулирующем действии низких концентраций некоторых солей Pb на их рост [10].

При изучении перемещения и локализации микроэлементов внутри растений выявлены следующие закономерности: в сое акропетальный характер распределения (в надземной части концентрация выше, чем в подземной) установлен для Zn, Mo, Cu, Cd, содержание Ni, Co, Cr, наоборот, обнаруживает базипетальную направленность. Результаты исследования растений пшеницы свидетельствуют об акропетальном характере распределения Zn, Mo, Co, Cr, Cu, для Mn, Ni, Pb, Cd отмечен базипетальный тип.

В исследованных образцах сои содержание Mn, Mo, Cd, Ni максимально в корневой фитомассе. Для Zn и Cu выявлено максимальное накопление в бобах, содержание элемента в корнях в 1,5–2 раза меньше. Содержание Co и Cr резко снижается в надземной фитомассе, уменьшение содержания Pb происходит более плавно. В растительной ткани пшеницы наблюдается схожее поведение в распределении Zn и Pb по различным органам растений. Mn, Co, Cu и Cd свойственно

увеличение концентрации в зерновой фракции при наибольшем содержании в подземной части. Для Ni, Mo, Cr отмечено постепенное отчетливое снижение от корней к зерну.

Круговорот микроэлементов в агрофитоценозах и его трансформация под влиянием железомарганцевых конкреций

Для оценки обеспеченности выращиваемых культур микроэлементами требуются сведения о балансе микроэлементов в их посевах. Как уже отмечалось, баланс элементов в агрофитоценозах определяется двумя основными показателями: привносом элементов питания с удобрениями и их выносом с биомассой возделываемых культур. Вынос микроэлементов растениями зависит от соотношения биологического (концентрация элемента во всей растительной биомассе) и хозяйственного (содержание элемента в отчуждаемой фракции урожая) выноса. Результаты исследований показали, что растениями пшеницы выносятся значительная доля Zn, Mo, Co, Ni, Cu (60–80%) (рис. 4.15).

Mn, Pb, Cr и Cd в большем объеме возвращаются в почву в виде пожнивных остатков. Преобладание выноса элементов над их возвратом в почву товарной продукцией сои, выращенной на лугово-бурых почвах, отмечено в отношении всех рассмотренных микроэлементов, кроме Cr. Наиболее активно соей выносятся Zn, Mo, Cu. Зависимость, выявленная в отношении Cr, указывает на то, что после уборки урожая от 63 до 66% от содержания элемента в растениях возвращается в почву.

Неотъемлемой составляющей изучения баланса и круговорота микроэлементов является количественная оценка их массопотока из почвы в растения. Для характеристики избирательного поглощения химических элементов введен такой показатель, как коэффициент биологического поглощения (далее КБП), по величине которого можно судить о степени «биофильности» элемента [16]. Изначально КБП рассчитывали как частное от деления количества элемента в золе растений на его содержание в литосфере, позднее было установлено, что размер КБП не является постоянным и меняется в зависимости от возраста организма, почвенных условий и многих других факторов. Поэтому, в сравнительно-географических исследова-

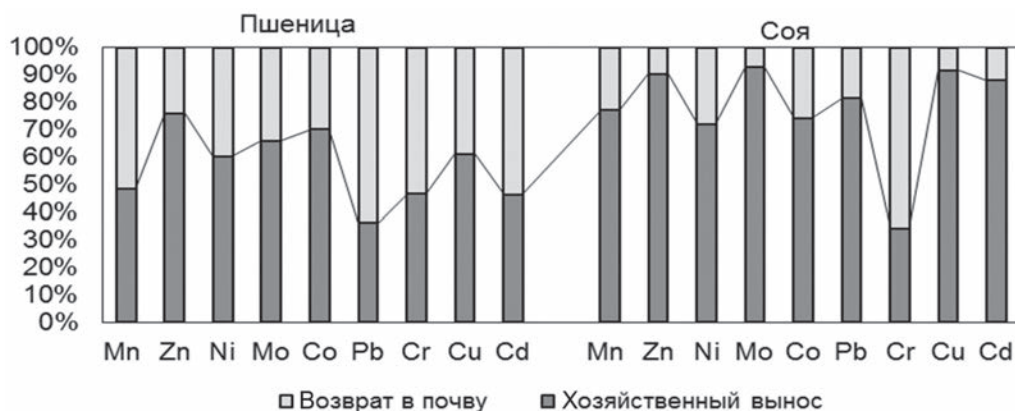


Рис. 4.15. Соотношение микроэлементов в продуктивной и непродуктивной частях урожая

ниях при расчете КБП используют данные содержания элементов в золе растений и в почвах конкретных территорий [9]. Рассчитанные КБП для разных культур оказались несходными и значительно варьировали (табл. 4.19). При исследовании интенсивности вовлечения в биологический круговорот микроэлементов растениями пшеницы обнаружено, что на лугово-бурых почвах эта культура активнее всего извлекает из почвы Zn и Mo, уровень КБП которых относится к группе интенсивного поглощения. В меньшей степени это относится к Cu, Ni, Cr, Cd, величина их КБП находится в диапазоне среднего поглощения, и очень слабо поглощаются Pb, Mn, Co. Выразительность поглощения микроэлементов растениями сои имеет свои специфические черты. Соя, выращенная на лугово-бурой почве, активнее всего использует Zn, Ni, Cu и Mo и слабо поглощает Pb, Co, Mn.

Своеобразие биологического круговорота микроэлементов в агрофитоценозах заключается в том, что биологические особенности растений имеют первостепенное значение по сравнению с другими факторами. Соя и пшеница обладают различной избирательной способностью в отношении поглощения микроэлементов как в целом растениями, так и их отдельными органами. Концентрация микроэлементов в растениях в основном зависит от физиологических потребностей, что в значительной мере определяется соотношением каждого отдельного микроэлемента с другими составляющими и подтверждает идею о химическом составе растений как о систематическом признаке [19]. Различия в содержании элементов в разных видах растений оказывают определенное влияние на микроэлементный состав почв даже в пределах одного типа. Микроэлементная специализация различных частей растений приводит к активному изъятию из круговорота и отчуждению с продуктивной частью урожая одних микроэлементов и временному закреплению в составе растительных остатков с последующим возвращением в почву других.

В качестве диагностических критериев оценки степени влияния микроэлементов, находящихся в почвах и конкрециях, на растительные организмы мы использовали средние коэффициенты корреляции между количеством различных фракций элементов в почвенных, конкреционных и растительных средах (табл. 4.20).

По усредненным данным, максимальная величина корреляции между содержанием микроэлементов в растениях и почвах отмечена для валовых и кислоторастворимых форм Cu, Ni и Zn и кислоторастворимых форм Mo, Cr и Cd. Корреляционная зависимость между содержанием исследуемых элементов в растениях и водорастворимыми фракциями элементов в почвах увеличивается. Исключением является Mo. Между содержанием элементов в растениях и конкрециях наибольшая связь обнаружена также для водорастворимых форм. Размер коэффициентов корреляции находится в диапазоне 0,70–0,90 и указывает на тесную взаимосвязь между содержанием элементов в разных объектах. В целом величина коэффициен-

Таблица 4.19. Коэффициенты биологического поглощения микроэлементов

Культура	Mn	Zn	Ni	Mo	Co	Pb	Cr	Cu	Cd
Пшеница	0,07	4,66	0,51	1,26	0,07	0,08	0,38	0,62	0,21
Соя	0,09	4,66	2,73	1,28	0,07	0,06	0,48	1,47	0,12

Таблица 4.20. Коэффициенты корреляции между содержанием различных форм микроэлементов в почвах, конкрециях и растениях

Элемент	Объекты содержания элемента	Формы микроэлементов		
		валовые	HCl*	H ₂ O*
Mn	Почва—растение	0,57	0,22	0,76
	ЖМК—растение	0,58	0,80	0,77
Zn	Почва—растение	0,77	0,73	—
	ЖМК—растение	0,73	0,73	—
Ni	Почва—растение	0,85	0,76	0,75
	ЖМК—растение	0,41	0,14	0,75
Mo	Почва—растение	0,39	0,79	0,68
	ЖМК—растение	0,06	0,75	0,75
Co	Почва—растение	0,62	0,50	0,68
	ЖМК—растение	0,43	0,31	0,77
Pb	Почва—растение	0,60	0,42	0,87
	ЖМК—растение	0,44	0,27	0,77
Cr	Почва—растение	0,56	0,81	0,77
	ЖМК—растение	0,51	0,49	0,77
Cu	Почва—растение	0,95	0,82	0,76
	ЖМК—растение	0,29	0,74	0,76
Cd	Почва—растение	0,51	0,66	—
	ЖМК—растение	0,32	0,52	—

* Подвижные формы элементов, извлекаемые кислотной и водной вытяжками.

из них. Содержание микроэлементов в растениях свидетельствует о недостатке особенно тех элементов, которые в наибольшей степени накапливаются в составе ЖМК (Mn, Co). Основная функциональная особенность конкреций выражается в закреплении значительного количества микроэлементов, где их подвижность заметно ослабевает, что в конечном счете приводит к ограничению их поступления в растения и подтверждается уровнем КБП. При этом небольшая часть микроэлементов, представленная подвижными соединениями, обнаруживает высокую степень корреляции с содержанием микроэлементов в растениях.

Относительно почвенного содержания ЖМК содержат меньший процент кислото- и водорастворимых форм микроэлементов. Водорастворимые фракции элементов в конкрециях наряду с водорастворимыми фракциями элементов в почвах тесно коррелируют с содержанием микроэлементов в растениях. Схожие уровни корреляции можно объяснить только единым источником поступления микроэлементов. Следовательно, не исключена возможность сорбции микроэлементов из почвы на поверхности твердой фазы конкреций преимущественно в виде водорастворимых, легкоподвижных соединений, которые по мере вхождения в тело ЖМК подвергаются трансформации со стороны основных конкрециообра-

та корреляции между валовыми и кислоторастворимыми формами элементов в системе «почва—растение» выше значения связи между растениями и конкрециями. Кислоторастворимые формы Mn являются исключением из общей закономерности и указывают на увеличение коэффициента корреляции между конкрециями и растениями.

Итак, поведение микроэлементов в лугово-бурых пахотных почвах в значительной мере регулируется деятельностью ЖМК. В результате энергичной аккумуляции и перевода большей части микроэлементов в малоподвижное состояние происходит обеднение корнеобитаемого слоя подвижными формами элементов, которые принимают активное участие в питании растений. По отношению к средней региональной концентрации в почвах идентифицирована нехватка некоторых

зующих элементов. Оксиды и гидроксиды Fe и Mn обуславливают более устойчивую форму закрепления микроэлементов [3, 26] и, вероятно, сначала переводят водорастворимые формы микроэлементов в конкрециях в кислоторастворимые, а затем в инертные соединения. В свою очередь, кислоторастворимые фракции элементов в конкрециях отличаются от почвенных меньшим участием в питании растений в результате их закрепления в составе более стабильных, специфических соединений. Установлена отличительная особенность поглощения конкрециями Сг и Си. Подвижность этих элементов в конкрециях увеличивается, но величина их корреляции с содержанием в растениях не превышает уровня корреляции элементов с почвенной массой. Переход Сг и Си в инертную форму в конкрециях замедлен, но их подвижные формы все же трансформируются реакциями, проходящими на поверхности или в теле конкреций, что приводит к ограничению их миграции в почве.

Анализ полученных данных выявил дифференцированное влияние ЖМК на биологический круговорот различных микроэлементов. Полученные результаты позволяют предположить, что до тех пор, пока микроэлементы, поглощенные ЖМК, не претерпели глубоких преобразований, они наравне с элементами, содержащимися во вмещающем почвенном горизонте, участвуют в питании растений. При дальнейшем их преобразовании сорбционно-активными фазами конкреций в комплексные соединения, отличающиеся по свойствам и поведению от почвенных, конкреции ограничивают миграцию, а в дальнейшем и вовсе выводят часть микроэлементов из биологического круговорота.

Литература

1. Бергер Пол. Целительная сила минералов, особых питательных веществ и микроэлементов: пер. с англ. М: Крон-Пресс, 1998. 288 с.
2. Бондарев Л.Г. Микроэлементы – благо и зло. М.: Знание, 1984. 144 с.
3. Васильева Л.И., Кадацкий В.Б. Формы тяжелых металлов в почвах урбанизированных и заповедных территорий // Геохимия. 1998. № 4. С. 426–429.
4. Волков С.Н. Геохимическая эволюция кадмия в естественном и техногенном циклах миграции // Труды биогеохимической лаборатории. Техногенез и биогеохимическая эволюция таксонов биосферы. М.: Наука, 2003. С. 113–141.
5. Голов В.И. Круговорот серы и микроэлементов в основных агроэкосистемах Дальнего Востока. Владивосток: Дальнаука, 2004. 315 с.
6. Добровольский В.В. География микроэлементов. Глобальное рассеяние. М.: Мысль, 1983. 272 с.
7. Зайдельман Ф.Р., Никифорова А.С. Генезис и диагностическое значение новообразований почв лесной и лесостепной зон. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. 216 с.
8. Зырин Н.Г., Чеботарева Н.А. К вопросу о формах соединений меди, цинка, свинца в почвах и доступности их для растений // Содержание и формы соединений микроэлементов в почвах / под ред. Н.Г. Зырина. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. С. 350–379.
9. Ильин В.Б. Элементарный химический состав растений. Новосибирск: Наука, 1985. 129 с.
10. Ильин В.Б., Гармаш Г.А., Гармаш Н.Ю. Влияние тяжелых металлов на рост и урожайность сельскохозяйственных культур // Агрохимия. 1985. № 6. С. 90–99.
11. Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. 229 с.
12. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 439 с.
13. Ковда В.А. Почвенный покров, его улучшение, использование и охрана. М.: Наука, 1981. 182 с.
14. Костенков Н.М. Окислительно-восстановительные режимы в почвах периодического переувлажнения. М.: Наука, 1987. 191 с.

15. Линник П.Н., Набиванец Б.И. Формы миграции металлов в пресных поверхностных водах. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 298 с.
16. Перельман А.И. Геохимия ландшафта М.: Высш. шк., 1975. 342 с.
17. Покатилов Ю.Г. Биогеохимия биосферы и медико-биологические проблемы (экологические проблемы химии биосферы и здоровья населения). Новосибирск: ВО Наука. Сиб отд-е, 1993. 168 с.
18. Практикум по агрохимии / отв. ред. В.Г. Минеев. М.: Изд-во МГУ, 1989. 303 с.
19. Протасова Н.А. Тяжелые металлы в черноземах и культурных растениях воронежской области // Агрохимия. 2005. № 2. С. 80–86.
20. Росликова В.И. Марганцево-железистые новообразования в почвах равнинных ландшафтов гумидной зоны. Владивосток: Дальнаука, 1996. 292 с.
21. Скрипченко А.Ф., Крейда Н.А., Ким Э.В. Содержание микроэлементов в основных типах почв Южного Приморья // Микроэлементы в почвах Дальнего Востока: ученые записки. Т. XXVII. Владивосток, 1969. С. 3–10.
22. Скрипченко А.Ф. Изменения содержания микроэлементов в пахотном горизонте почвы в зависимости от возделываемой культуры в полевом севообороте // Микроэлементы в почвах Дальнего Востока: ученые записки. Т. XXVII. Владивосток, 1969. С. 102–108.
23. Тимофеева Я.О., Голов В.И. Аккумуляция микроэлементов в ортштейнах почв (обзор литературы) // Почвоведение. 2010. № 4. С. 434–440.
24. Тимофеева Я.О., Голов В.И. Железомарганцевые конкреции как накопители тяжелых металлов в некоторых почвах Приморья // Почвоведение. 2007. № 12 С. 1463–1471.
25. Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений. Л.: Наука, 1974. 324 с.
26. Balistrieri L.S., Chao T.T. Adsorption of selenium by amorphous iron oxyhydroxide and manganese dioxide // Geochim. et Cosmochim. Acta. 1990. Vol. 54, N 3. P. 739–751.
27. Bartlett R.J., James B. Behavior of chromium in soils. III. Oxidation // J. Environmental Qual. 1979. N 8. P. 31–39.
28. Latrill C., Elsass F., van Oort F., Denaix L. Physical speciation of trace metals in Fe-Mn concretions from a rendzic lithosol developed on Sinemurian limestone (France) // Geoderma. 2001. Vol. 100. P. 127–146.
29. Liu F., Colombo C., Adamo P., He J.Z., Violante A. Trace elements in manganese-iron nodules from a Chinese Alfisol // Soil Sci. Soc. Am. J. 2002. Vol. 66. P. 661–670.
30. Riffaldi R., Levi-Minzi R., Soldatini G.E. Pb absorption by soils // Water Air and Soil Pollution. 1976. N 6. P. 119–130.
31. Timofeeva Ya.O., Karabtsov A.A., Semal' V.A., Burdukovskii M.L., Bondarchuk N.V. Iron-Manganese Nodules in Udepts: The Dependence of the Accumulation of Trace Elements on Nodule Size // Soil Sci. Soc. Am. J. 2014. Vol. 78. N 3. P. 767–778.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основой охраны и рационального использования водных ресурсов оз. Ханка должна стать разработанная и согласованная межгосударственная и межведомственная стратегия экологически адаптированного управления водно-ресурсным потенциалом данного трансграничного водного объекта между КНР и Российской Федерацией.

Одной из основных причин нарушения режима озера предполагается плановая переброска стока р. Мулинхэ на территории КНР в Малую Ханку и устройство (в период 1975–2000 гг.) трех регулируемых водопропускных сооружений в теле перешейка между Ханкой и Малой Ханкой. В результате водосборная площадь оз. Ханка увеличилась почти в 2 раза. При этом пропускная способность вытекающей из оз. Ханка р. Сунгача осталась на прежнем уровне, если не уменьшилась в результате предполагаемого сокращения живого сечения русла этой реки на выходе из озера.

Кроме того, вместе с водами р. Мулинхэ в Малую Ханку и Ханку поступает большое количество загрязнений бытового, промышленного и сельскохозяйственного происхождения, что, по результатам совместного российско-китайского мониторинга, уже приводит к повышению степени загрязнения обоих озер и р. Сунгача. Последнее чревато негативными последствиями для озерной фауны и флоры.

В связи с вышеизложенным необходимо:

- определить долю стока р. Мулинхэ, сбрасываемую в оз. Малая Ханка (путем запроса у КНР сведений о режиме водоразделителя на данной реке по месяцам за период 1990–2016 гг.);
- запросить у КНР кривые площади и объема оз. Малая Ханка в зависимости от уровня;
- запросить у КНР средние месячные и на первое число каждого месяца уровни воды в оз. Малая Ханка за период 1990–2016 гг.;
- запросить у КНР месячные суммы осадков на одной из метеостанций в бассейне Малой Ханки за тот же период.

Для радикального изменения ситуации, следует:

- 1) выполнить инвентаризацию и оценить возможности реконструкции существующих мелиоративных и гидротехнических сооружений на оз. Ханка и рассчитать их потенциальный вклад в расходную часть гидрологического баланса бассейна;
- 2) рассчитать расходы на проектирование и строительство дополнительных вдоль-береговых и вдольрусловых (для пойменных территорий) защитных дамб и сравнить их с расходами на альтернативные защитные мероприятия;
- 3) досконально проработать проект строительства водосбросной и водонакопительной системы, функционирующей параллельно р. Сунгача.

В результате осуществления стратегии будут получены результаты как фундаментального, так и прикладного характера, в том числе:

1) установлены основные причины квазипериодичной цикличности колебаний уровня воды в оз. Ханка;

2) определены многолетние и сезонные периоды и амплитуды колебаний уровня воды;

3) выявлены устойчивые тренды в рядах наблюдений и рассчитаны максимальные уровни озера, объемы поступления воды из его основных притоков и стока в р. Сунгача, а также гидросооружений прилегающих низменностей и в результате установлена необходимая мощность регулирующей системы. Определено отношение необходимых защитных и регулирующих мероприятий их стоимость и хозяйственный эффект;

4) определены возможные негативные последствия наступления высокого уровня озера и способы их минимизации (в том числе для особо охраняемых территорий);

5) осуществлены расчеты максимальных отметок затопления прибрежной территории, в т.ч. сельскохозяйственных и других категорий земель;

6) проведена корректировка функционального зонирования и рекомендаций по оптимизации природопользования в прибрежной зоне оз. Ханка в сложившихся условиях.

В настоящее время уровеньный режим озера контролируется преимущественно тремя нижеисследованными факторами:

- *Первый из них – гидрологический баланс озера, измененный устойчивым трендом метеоусловий, а также в результате переброски стока р. Мулинхэ на территории КНР в оз. Малая Ханка и регулирования водообмена его с оз. Ханка.*

- *Второй фактор – ветровые воздействия, вызывающие сгонно-нагонные явления, усугубляющие последствия затопления прибрежных территорий.*

- *Третий фактор – хозяйственная деятельность на российской и китайской частях бассейна оз. Ханка (вырубка лесов, выращивание сельхозкультур, гидромелиорация, засорение, заиливание).*

В связи с проблемами оз. Ханка, динамика которых пока остается не вполне предсказуемой и мало управляемой, необходимо:

1) объединить научные силы Приморского и Хабаровского краев на получении недостающих сведений о передвижении водных масс в бассейне с использованием новейших технических средств, включая системы дистанционного зондирования и летательные аппараты;

2) оценить возможное негативное влияние повышения уровня воды в озере на состояние природной среды и условия хозяйственной деятельности в настоящее время, на ближайшую и отдаленную перспективу; определить территории, попадающие в зону риска при разных сценариях повышения;

3) оценить вероятный экономический эффект для прибрежных территорий и выработать мероприятия по минимизации ущерба с учетом трансграничности бассейна озера;

4) организовать ПОСТОЯННО ДЕЙСТВУЮЩУЮ комплексную экспедицию для сбора недостающей информации, для уточнения морфометрических и геофизических характеристик озера, ландшафтного строения прибрежных геосистем, хозяйственно-экономической структуры территории и тенденции их современных изменений.

Сложившаяся ситуация требует:

1) обратиться в МИД РФ с предложением обеспечить прямые контакты специалистов и совместные с КНР научные исследования, включая обмен информацией об

экологическом и гидрофизическом состоянии озера, с целью разработки совместных мероприятий по мониторингу и регулированию уровня воды и снижению экологической угрозы. При этом необходимо обеспечить сбор данных для включения в гидрологический баланс бассейна оз. Ханка всех составляющих баланса оз. Малая Ханка, западной низменности и р. Мулинхэ;

2) обратиться в Правительство РФ, Администрацию ПК и ФАНО РФ с предложением о расширении научных исследований и открытии недостающих пунктов гидрометеорологического контроля в бассейне оз. Ханка и р. Сунгача. В результате реализации предложения создать базу данных (включая территорию КНР) характеристик почвенного и растительного покрова, ландшафта, типов земледелия и информацию о хозяйственной деятельности на территории бассейна;

3) на основе различных сценариев прогноза изменений уровня оз. Ханка рассчитать максимальные отметки и площади затопления прибрежных территорий с предложениями по минимизации их негативного воздействия для хозяйственной деятельности;

4) обратиться в Правительство РФ и Правительство ДВ субъекта Федерации с предложением по повышению эффективности использования средств госзаданий и государственных программ путем преодоления межведомственной разобщенности в исследованиях и мониторинге территории, в частности путем обеспечения открытого и бесплатного доступа к материалам наблюдений за гидрометеорологической обстановкой и качеством воды в бассейне оз. Ханка для всех научных организаций, а также путем введения практики межведомственной экспертизы на проектирование и выполнение государственных заданий.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
РАЗДЕЛ 1. Оценка ситуации и причин повышения уровня воды озера Ханка.	
История наблюдений и исследований региона бассейна озера Ханка	
Краткий очерк трагедии озера Ханка (Ю.Н. Журавлев)	6
Проблемы озера Ханка и его бассейна на рубеже столетий (П.Я. Бакланов, А.Н. Качур, Е.Е. Ананьева)	12
Возможные причины колебаний уровня воды в озере Ханка (А.Н. Махинов, В.И. Ким)	25
Анализ факторов неустойчивости режима озера Ханка (Н.Н. Бортин, А.М. Горчаков)	31
Аномалии в районе озера Ханка, на Дальнем Востоке и в Сибири как следствие изменения климатического режима в АТР на рубеже XX–XXI веков (В.И. Пономарев, Е.В. Дмитриева, С.П. Шкорба, А.А. Карнаухов)	41
Развитие озера Ханка в голоцене (В.Б. Базарова, М.С. Лящевская, Л.М. Мохова)	53
Палеорастительность аккумулятивных равнин озера Ханка в позднем неоплейстоцене-голоцене (П.С. Белянин, Н.И. Белянина)	60
Фактор окраинно-континентальной дихотомии в формировании Уссури-Ханкайской ландшафтной структуры и в повышении уровня воды в озере Ханка (В.Т. Старожилов)	65
Обзор архивных материалов исследования, мелиорации и рисосеяния на Приханкайской низменности (О.В. Полохин)	71
РАЗДЕЛ 2. Геофизические исследования территорий бассейнов водных объектов.	
Математическое моделирование и прогнозы развития ситуации	
Численное моделирование мелких озер (М.А. Гузев, О.В. Соболева, Д.А. Терешко)...	78
Спутниковое радиолокационное зондирование озера Ханка (Л.М. Митник, А.В. Баранюк, Е.С. Хазанова)	81
О применении данных спутниковой альтиметрии к исследованию изменчивости уровня воды в озере Ханка (О.О. Трусенкова, Л.М. Митник)	89
Циклы в региональных центрах действия атмосферы над Дальним Востоком (Г.Ш. Цициашвили, Т.А. Шатилина, Т.В. Радченкова)	95
Морфоструктурно-сейсмогеологический анализ бассейна озера Ханка и сопредельных территорий (вопросы теории и практики) (Е.А. Мясников, А.П. Кулаков, В.В. Коробов)	100
Современные движения земной коры в районе озера Ханка по геодезическим данным (М.Д. Герасименко, Н.В. Шестаков, А.Г. Коломиец, Г.Н. Герасимов, Д.В. Сысоев)	105
Современные возможности и перспективы прогнозирования гидрологического режима бассейна озера Ханка с помощью физико-математического моделирования (А.Н. Бугаец, Ю.Г. Мотовилов, Б.И. Гарцман, А.С. Калугин, Л.В. Гончуков, О.В. Соколов, Н.Л. Фролова, Л.В. Зотов, В.Ю. Григорьев, А.А. Соколов, С.М. Краснопеев, В.В. Шапов, В.И. Ознобихин)	108
Методология выделения и внутреннее содержание округов межгорных геосистем Сахалино-Приморского региона (В.Т. Старожилов)	114
Средства непрерывного и дистанционного мониторинга профиля температуры и уровня воды в озере (А.А. Тагильцев, М.Ю. Черанев)	119
Устройства для измерения температуры льда (М.Ю. Черанев, А.А. Тагильцев, Р.А. Гончаров)	123

Использование малых летательных аппаратов для определения истинных границ озера Ханка (К.А. Дроздов).....	127
РАЗДЕЛ 3. Биоресурсы территории Приханкайской низменности и озера Ханка.	
Трансформация и устойчивость экосистем	
Состав почвенного покрова российской части бассейна озера Ханка (Н.М. Костенков, В.И. Ознобихин).....	134
Морфологическое строение почв высокой денудационно-аккумулятивной равнины озера Ханка до подъема его уровня (Р.А. Макаревич).....	148
Гидрологический режим почв российской части зоны рисосеяния Приханкайской низменности (Н.М. Костенков, В.И. Ознобихин, С.В. Клышевская).....	154
Агрогенные луговые глеевые почвы Приханкайской равнины (Е.А. Жарикова).....	159
Проблемы сохранения биоразнообразия бассейна озера Ханка и международного сотрудничества в рамках двустороннего заповедника «Озеро Ханка» (Ю.И. Берсенева).....	166
Изменения качественных и количественных показателей зоопланктона и нектобентоса в озере Ханка в 2014–2015 гг. (Е.И. Барабанищikov).....	170
Динамика состояния запасов рыб озера Ханка (М.Е. Шаповалов).....	174
Пресноводная биота бассейна озера Ханка и оценка угроз, связанных с нарушением водного баланса (Т.С. Вишкова, Т.В. Никулина).....	181
Распространение соевой цистообразующей нематоды <i>Heterodera glycines</i> Ichinohe, 1952 в Приханкайской равнине (Ханкайский район) (Т.В. Волкова).....	191
Оценка влияния цистообразующей нематоды <i>Heterodera glycines</i> Ichinohe, 1952 на урожайность сои в Приханкайской равнине и бассейне реки Уссури (Лесозаводский и Дальнереченский районы) (И.П. Казаченко).....	194
Влияние подъема уровня воды в озере Ханка на состояние местной популяции дальневосточной черепахи (И.В. Маслова).....	198
РАЗДЕЛ 4. География и природопользование трансграничной территории бассейна озера Ханка. Перспективы развития и экологические угрозы трансграничной водной территории	
Современное состояние почвенного покрова озера Ханка и возможные его трансформации при сбросе излишних вод по предлагаемому каналу (Н.М. Костенков, С.В. Клышевская, В.И. Ознобихин).....	206
Особо ценные и ценные земли российской части бассейна озера Ханка. (О.М. Голодная, Н.М. Костенков, В.И. Ознобихин).....	213
Ландшафтная сфера бассейна озера Ханка (В.Т. Старожилов, В.И. Ознобихин).....	217
Колебания уровня воды в озере Ханка в связи с изменениями базиса эрозии рек Сунгача и Уссури (В.А. Раков).....	223
Бассейн реки Комиссаровка как потенциальный объект ООПТ (Е.А. Макаренченко, Т.С. Вишкова, К.С. Ганзей, С.В. Клышевская, А.Е. Кожевников, И.В. Маслова, А.А. Назаренко, В.А. Нечаев, Л.А. Прозорова, С.А. Шабалин, С.В. Шедько, И.С. Шереметьев).....	234
Сельскохозяйственная нагрузка в бассейне озера Ханка (А.А. Степанько).....	246
О необходимости агролесомелиорации в пределах трансграничного бассейна озера Ханка (З.П. Дорохина).....	254
Кадастровая стоимость сельскохозяйственных угодий российской части бассейна озера Ханка (Н.М. Костенков, В.И. Ознобихин).....	259
Особенности содержания и круговорота микроэлементов в системе «почва–растение» в лугово-бурых пахотных почвах Приханкайской низменности (Я.О. Тимофеева, Ю.А. Кошелева).....	265
Заключение.....	279

Научное издание

ТРАНСГРАНИЧНОЕ ОЗЕРО ХАНКА:
ПРИЧИНЫ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ ВОДЫ
И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УГРОЗЫ

Редактор *Н.С. Мун*
Технический редактор *В.М. Мошкина*
Компьютерная верстка *С.В. Филатов*

Подписано к печати 20.12.2016 г.
Печать офсетная. Бумага офсетная. Формат 70х100/16.
Усл.п. л. 23,08. Уч.-изд.л. 22,94. Тираж 300 экз. Заказ 93

ФГУП «Издательство Дальнаука»
690041, г. Владивосток, ул. Радио, 7
Тел. 231-21-05. E-mail: dalnauka@mail.ru
<http://www.dalnauka.ru>

Отпечатано
в Информационно-полиграфическом хозяйственном центре
ТИГ ДВО РАН
690041, г. Владивосток, ул. Радио, 7