

исследованные водотоки. С 2012 г. на полуострове начат процесс реконструкции имеющихся систем канализации и строительства, введения в эксплуатацию новых очистных сооружений. Предполагается, что ввод в эксплуатацию очистных систем с глубоководным выпуском позволит объединить многочисленные локальные системы, собирающие промышленные и коммунальные стоки, сбрасываемые в реки полуострова и прибрежные воды. Выход на проектируемую мощность позволит снизить концентрации загрязняющих веществ в сточных водах до значений, не превышающих ПДК для водоемов рыбохозяйственного значения. Можно предположить, однако, что процесс загрязнения вод не будет столь быстрым, поскольку загрязненные донные отложения, накопленные за много лет, будут влиять на состав речных вод.

### Литература

Луценко Т.Н., Перепелятников Л. В. Органическое вещество в реках Приморья //Фундаментальные проблемы изучения и использования воды и водных ресурсов. Материалы научн. конф. 20-24 сент. 2005 г. Иркутск: изд-во Института географии СО РАН, 2005. С. 294-296.

Луценко Т.Н., В.П. Шестеркин, Н.М. Шестеркина. Пространственно-временная динамика химического состава речных вод российской части бассейна р. Уссури //Водное хозяйство России. 2013. № 3. С. 65-80.

Перепелица С.А. Оценка антропогенного воздействия на распределение микроэлементов в прибрежной зоне залива Петра Великого. Автореферат дис. ...канд.геогр. наук /РАН. Дальневост. отд-ние. Тихоокеанский ин-т географии. Владивосток, 1994. 24 с.

Савенко В.С. Химический состав взвешенных наносов мира. М.: ГЕОС, 2006. 175 с.

Юрченко С.Г. Миграция химических элементов в водных объектах с различной антропогенной нагрузкой (юг Дальнего Востока России). Автореферат дис. ...канд. геогр. наук. Владивосток. 2004. 24 с.

Meуbeck M. Carbon, nitrogen, and phosphorus transport by world rivers // Amer. J. Sci. 1982. V. 282. No 4. P. 401–450.

### **ВЛАДИВОСТОК – ПОТЕНЦИАЛЬНЫЙ ИСТОЧНИК ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИБРЕЖНО-МОРСКОЙ ЗОНЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

*Макаревич Р.А.*

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток, Россия,

[mak@tig.dvo.ru](mailto:mak@tig.dvo.ru)

### **VLADIVOSTOK AS A POTENTIAL SOURCE OF HEAVY METALS POLLUTION TO COASTAL-MARINE ZONE**

*The possibility of transport of lead, zinc, cadmium, copper, cobalt, nickel, manganese and iron to the Golden Horn, Diomede, Ulysses and Tikhaya Bays by stormwater from Pervomaiski district of Vladivostok was investigated.*

Расположенные на морском побережье населенные пункты неизбежно оказывают воздействие на состояние прибрежно-морской зоны. Направленность и масштабы этого воздействия определяются многими факторами, в том числе размерами поселения и числом жителей, количеством и типами производственных и технических объектов и др.

Поэтому влияние крупного промышленно-портового города Владивостока на прилегающую морскую акваторию проявилось во множественных изменениях состояния прибрежных экосистем (Современное ..., 2012). Одним из факторов, влияющих на состояние прибрежно-морской зоны, являются поверхностные ливневые стоки. Несмотря на небольшую их долю в общем объеме стока в морскую акваторию (Шулькин, 2012), негативный вклад их может быть значительным. Обильными осадками теплого периода могут смываться с городской территории и, в соответствии с ее орографией, транспортироваться в прибрежные зоны большие количества твердых взвешенных частиц, которые могут быть обогащены токсичными для всего живого веществами. Оценка вероятного вклада уличных песчано-пылевых наносов в загрязнение прибрежно-морской зоны тяжелыми металлами явилась целью исследования, выполненного в наиболее населенном и промышленно насыщенном Первомайском районе Владивостока.

Топография Первомайского района определяет на его территории шесть водосборных бассейнов, из которых миграционные потоки вещества как внутригрунтового, так и поверхностного генезиса поступают в различные участки прибрежной зоны и бухты (рис. 1).

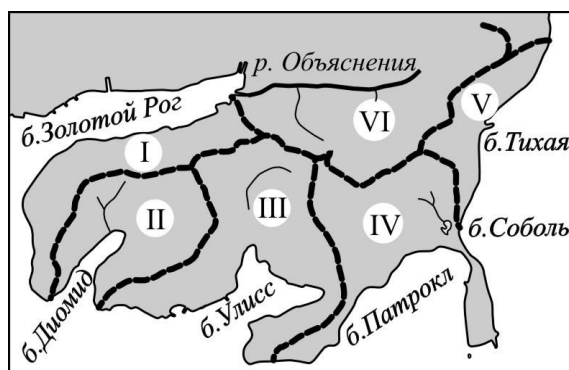


Рис. 1. Схема водосборных бассейнов на территории Первомайского района г. Владивостока

Водосборный бассейн **I** охватывает север-северо-западную и западную части территории района, откуда миграционные потоки разгружаются в бухту Золотой Рог.

Водосборный бассейн **II** расположен в юго-западной части района. Миграционные потоки из него поступают в бухту Диомид.

Водосборный бассейн **III** включает центральную и южную части территории района. Миграция вещества из него направлена в бухту Улисс.

Водосборный бассейн **IV** представляет юго-восточную часть территории района, из которой миграционные потоки направлены в бухту Патрокл.

Водосборный бассейн **V** относится к восточной части района. Миграционные потоки перемещаются преимущественно в бухту Тихая.

Водосборный бассейн **VI** охватывает северную и северо-восточную части района. Территория дренируется р. Объяснения, поставляющей сточные воды в кутовую часть бухты Золотой Рог.

В границах выделенных бассейнов с основных, расположенных в каждом из них, улиц были отобраны 59 проб песчано-пылевых наносов и методом сухого ситования разделены на пять фракций с размером частиц 1,0-0,5, 0,5-0,25, 0,25-0,10, 0,10-0,05 и < 0,05 мм. Во всех фракциях определены валовые количества свинца, цинка, кадмия, меди, кобальта, никеля, марганца и железа методом пламенной абсорбции на ААС «Хитачи 180-70» после полного разложения прокаленных при 450°C навесок смесью

концентрированных фтористоводородной и хлорной кислот и растворения плотных остатков 5-типроцентной соляной кислотой.

В ходе исследований было установлено, что наибольшие аккумуляции металлов сопряжены с самой тонкой ( $< 0,05$  мм) фракцией твердых наносов на улицах и дорогах района (Макаревич, 2011, 2012). К тому же частицы этой размерности обладают значительно большей миграционной способностью как в воздушной, так и в водной средах по сравнению с частицами крупных фракций. Это повышает вероятность их смыва с улиц и транспортировку ливневыми стоками в прибрежно-морскую зону. Наличие загрязненных частиц  $< 0,05$  мм диаметром в составе уличных песчано-пылевых наносов может представлять опасность для прибрежных экосистем. Эти частицы включают пылеватые и илистую гранулометрические фракции, обладающие высокой емкостью поглощения по отношению к тяжелым металлам. Результаты исследования аккумуляций тяжелых металлов во фракции частиц  $< 0,05$  мм представлены в таблице 1. Степень аномальности обнаруженных концентраций металлов оценена величинами кларков концентрации (КК), характеризующими отношение содержания металла в исследованных пылевых наносах к кларку литосферы (Перельман, 1975).

В границах водосбора I обследованы улицы Калинина (от ее начала до дома 203), Черемуховая (от дома 24 до пересечения с ул. Калинина) и автодорога вдоль причалов в бухте Золотой Рог.

Концентрации свинца (Pb) в обследованных наносах варьируют от 120 до 2130 мг/кг. Величины КК изменяются от 7,5 до 133,1. Наибольшим загрязнением свинцом характеризуются пылевых наносы на дороге вдоль причалов. Максимальное его количество обнаружено в дорожной пыли у причала ДВО. У хладокомбината 1 и у Мальцевской переправы концентрации Pb составляют 1475 и 1360 мг/кг, соответственно. Наносы на ул. Калинина и Черемуховая содержат Pb в количествах 260-750 мг/кг.

Аккумуляции цинка (Zn) в пробах пыли варьируют от 325 до 930 мг/кг, значения КК – от 3,8 до 10,9. Наибольшая концентрация Zn обнаружена в пыли на дороге около территории судоремзавода. Близкие к максимальному количества Zn (850-820 мг/кг) содержатся в пыли около Чуркинской переправы и в начале ул. Калинина. На остальной части ул. Калинина и на Черемуховой концентрации Zn в пыли не превышают 710 мг/кг. Содержание кадмия (Cd) в пылевых наносах колеблется в пределах 0,7-8,0 мг/кг, величины КК – от 5,4 до 61,5. Максимальное накопление Cd приурочено к наносам на дороге вблизи Чуркинской переправы. Близкое к максимуму (7,0 мг/кг) содержание Cd отмечено около территории судоремзавода. Аккумуляции Cd на остальных участках и улицах лежат в границах 0,7-5,5 мг/кг.

Накопление меди (Cu) в пробах пыли изменяется от 32 до 410 мг/кг, значения КК – от 0,7 до 8,7. Наибольшая концентрация Cu соответствует наносам около судоремзавода. В целом дорога вдоль причалов сильно загрязнена Cu. Другие высокие концентрации Cu (165-300 мг/кг) в пыли соответствуют расположенным на ней точкам отбора. Пыль с улиц Калинина и Черемуховая содержит Cu в количествах 32-116 мг/кг.

В пределах водосборного бассейна II опробованы улицы: Калинина (от д. 207 и до пересечения с ул. О. Кошевого), Надибаидзе, Зои Космодемьянской и Воронежская.

Содержание Pb в пыли с этих улиц варьирует в диапазоне 160-1085 мг/кг. Значения КК составляют 10,0-67,8. Наибольшие аккумуляции Pb отмечаются в пылевых наносах на ул. З. Космодемьянской. Пыль остальных улиц содержит Pb в количествах 160-715 мг/кг.

Концентрации Zn в пробах пыли колеблются в пределах 250-665 мг/кг, величины КК составляют 2,9-7,8. Максимальное обогащение наносов цинком обнаружено около остановки транспорта «Диомид» на ул. Калинина. Содержание Zn в остальных точках отбора изменяется от 250 до 530 мг/кг.

Накопление Cd в пылевых наносах составляет 1,5-5,0 мг/кг, КК элемента равны 11,5-38,5. Самые высокие количества Cd (4,5-5,0 мг/кг) характерны для большинства проб, отобранных на ул. Калинина. Пыль с других улиц содержит Cd от 1,5 до 4,1 мг/кг.

Аккумуляции Cu в пробах пыли изменяются от 42 до 250 мг/кг, значения КК – от 0,9 до 5,3. Максимальная концентрация Cu принадлежит пробе с перекрестка улиц Калинина и Черемуховая. Сильное накопление пылью Cu обнаружено рядом с остановкой транспорта «Диомид» на ул. Калинина. Концентрации Cu в пробах пыли с других улиц составляют 42-94 мг/кг.

В водосборном бассейне III обследованы улицы Окатовая и Героев Тихоокеанцев. Обнаруженные концентрации Pb в пыли варьируют в пределах 430-1680 мг/кг. Величины КК изменяются от 27 до 105. Максимальная концентрация Pb относится к ул. Героев Тихоокеанцев. Пылевые частицы с ул. Окатовой содержат Pb в количествах 430-455 мг/кг.

Содержание Zn в пробах пыли установлено в диапазоне 410-590 мг/кг, значения КК составляют 4,8-6,0. Наибольшее загрязнение пыли отмечено на ул. Окатовой. В остальных точках опробования концентрации Zn варьируют в пределах 410-530 мг/кг.

Аккумуляции Cd в пылевых наносах составляют 3,2-5,7 мг/кг, КК изменяются от 24,6 до 43,8. Максимальная концентрация Cd установлена в пробе с ул. Героев Тихоокеанцев. Пыль с ул. Окатовая содержит Cd в количествах 3,2-3,5 мг/кг.

Накопление Cu в составе пыли варьирует от 62 до 160 мг/кг, величины КК – от 1,3 до 3,4. Максимальная концентрация Cu приурочена к пыли на ул. Героев Тихоокеанцев. Пыль с ул. Окатовая содержит Cu в количестве 62-79 мг/кг.

Территория водосборного бассейна IV не обследовалась, поскольку на тот момент она не была подвергнута урбанизации. Площадь его практически целиком занимал лесной массив. Сток в бухту Патрокл определялся преимущественно терригенным фактором.

В водосборе V обследованы улицы: Сахалинская, Космонавтов и Добровольского.

Концентрации Pb в уличной пыли варьируют от 165 до 560 мг/кг, величины КК – от 10,3 до 35,0. Максимальное обогащение пыли Pb отмечается на ул. Добровольского, напротив дома 15. Пыль с остальных улиц содержит Pb в количествах 165-335 мг/кг.

Аккумуляции цинка в пробах пыли достигают 300-540 мг/кг, величины КК – 3,5-6,4. Наибольшая концентрация Zn соответствует пробе с ул. Сахалинская, напротив дома 50. В остальных точках обследования количества Zn в пыли составляют 300-470 мг/кг.

Содержание Cd в пылевых пробах изменяется от 2,2 до 5,0 мг/кг, значения КК – от 16,9 до 38,5. Минимальная величина Cd обнаружена в пыли с ул. Сахалинская, напротив д. 41. Все остальные пробы характеризуются высокой (4,5-5,0 мг/кг) нагруженностью Cd.

Накопление Cu в составе пыли находится в интервале 33-92 мг/кг, величины КК – 0,7-2,0. Наиболее высокое количество Cu отмечается в пыли с ул. Добровольского напротив дома 15. Пыль с других улиц содержит Cu в количествах 33-79 мг/кг.

В водосборе VI обследованы улицы: 50 лет ВЛКСМ, Полярная, 40 лет ВЛКСМ, Борисенко, входящие в водосборный бассейн отрезки ул. Сахалинская и Добровольского.

Концентрации Pb в пылевых наносах данных улиц варьируют в диапазоне от 87 до 9185 мг/кг, значения КК – от 5,4 до 574,1. Экстремально высокое количество Pb приурочено к пыли с ул. 50 лет ВЛКСМ. Содержание Pb в пыли на остальных улицах изменяется от 87 до 540 мг/кг.

Накопление Zn в пылевых пробах колеблется от 265 до 895 мг/кг, величины КК – от 3,1 до 10,5. Максимальное обогащение Zn характерно для пробы с ул. 50 лет ВЛКСМ, напротив д. 28. В остальных пробах интервал величин Zn составляет 265-690 мг/кг.

Содержание Cd в пробах пыли изменяется от 1,5 до 6,0 мг/кг, КК – от 11,5 до 46,2. Самая высокая концентрация относится к пыли с ул. Сахалинская напротив дома 8. Также сильно повышенные количества Cd (5,0-5,5 мг/кг) обнаружены в некоторых пробах пыли с улиц Борисенко, Добровольского и 50 лет ВЛКСМ. В большинстве проб количество Cd находится в диапазоне 1,5-4,0 мг/кг.

Концентрации Си в пылевых наносах составляют 40-130 мг/кг, значения КК – 0,9-2,0. Самые высокие ее аккумуляции установлены в пыли в начале ул. Борисенко. Заметная нагруженность медью (105 мг/кг) характерна для пыли с ул. 50 лет ВЛКСМ, напротив домов 22 и 28. Пылевые пробы с остальных улиц водосбора содержат Си от 40 до 95 мг/кг.

Элементом группы железа не свойственны значимые аккумуляции в пылевых наносах всех водосборных бассейнов. Так, железо присутствует во всех пробах в количествах 1,66-4,59 %. Значения всех КК  $\leq 1,0$ . Аналогичная ситуация наблюдается и для марганца. Концентрации никеля практически во всех пробах пыли не превышают его среднее содержание в литосфере. Лишь в пяти пробах (в 8 % от общего количества проб) КК повышены до 1,1-1,4. Максимальное количество никеля обнаружено в наносах в начале ул. Добровольского. Аккумуляции кобальта более разнообразны. Тем не менее, в 56 % всех проб его количества не превышают кларк литосферы. В остальных пробах КК варьируют от 1,1 до 1,8. И только в пыли с ул. Добровольского на уровне дома 29 КК элемента равен 2,3.

Таким образом, потенциальную опасность для экосистем прибрежно-морской зоны Владивостока представляют находящиеся на его улицах твердые пылевые наносы вследствие высоких аккумуляций в них элементов первого (свинец, кадмий) и второго (цинк, медь) классов опасности (ГОСТ 17.4.1.01-83). Наиболее неблагоприятная ситуация складывается для бухты Золотой Рог. Именно в нее могут поступать с ливневыми стоками пылевые частицы, несущие экстремально высокие количества свинца, кадмия, цинка и меди как непосредственно из прилегающего к ней водосборного бассейна, так и с водами р. Объяснения.

Анализ средних концентраций металлов в пылевых наносах каждого водосборного бассейна позволяет выстроить следующие ряды опасности загрязнения территорий бухт отдельными металлами:

Свинцом: б. Улисс > б. Золотой Рог > б. Диомид > б. Тихая.

Цинком: б. Золотой Рог > б. Улисс > б. Тихая > б. Диомид.

Кадмием: б. Золотой Рог > б. Улисс = б. Тихая > б. Диомид.

Медью: б. Золотой Рог > б. Улисс > б. Диомид > б. Тихая.

## Литература

Макаревич Р.А. Свинец в городской среде Первомайского района / Р.А. Макаревич // Владивосток: история и современность : матер. науч.-практ. конф., посвященной 150-летию Владивостока. (Владивосток, 19 апреля 2010 г.) – Владивосток: Изд-во ГОБУ ДПО ПКППКРО, 2011. – С. 86–90.

Макаревич Р.А. Кадмий на территории Первомайского района города Владивостока / Р.А. Макаревич // Природные, медико-географические и социально-экономические условия проживания населения в Азиатской России: матер. науч.-практ. конф. (Владивосток, 26-27 апреля 2012 г.). – Владивосток: Дальнаука, 2012. – С. 20-23.

Перельман, А.И. Геохимия ландшафта / А.И. Перельман. – М.: Высшая школа, 1975. – 342 с.

Современное экологическое состояние залива Петра Великого Японского моря: монография / отв. ред. Н.К. Христофорова. – Владивосток: Издательский дом Дальневост. федерал. ун-та, 2012. – 440 с.

Шулькин В.М. Поступление загрязняющих веществ в залив Петра Великого и оценка их вклада в создание экологических проблем / В.М. Шулькин, Г.И. Семькина // Современное экологическое состояние залива Петра Великого Японского моря. – Владивосток: Издательский дом Дальневост. федерал. ун-та, 2012. – С.252-287.

Таблица 1. Концентрации металлов в частицах < 0,05 мм вдольуличных песчано-пылевых наносов различных водосборных бассейнов на территории Первомайского района

№ водосбора	Число проб	Свинец	Цинк	Кадмий	Медь	Кобальт	Никель	Марганец	Железо	
		мг/кг								%
		<u>пределы колебаний концентраций</u> средние значения								
I	19	$\frac{120 - 2130}{640}$	$\frac{325 - 930}{543}$	$\frac{0,7 - 8,0}{4,3}$	$\frac{32 - 410}{125}$	$\frac{8 - 29}{19}$	$\frac{19 - 70}{44}$	$\frac{400 - 1020}{728}$	$\frac{1,86 - 4,59}{3,36}$	
II	10	$\frac{160 - 1085}{517}$	$\frac{250 - 665}{431}$	$\frac{1,5 - 5,0}{3,3}$	$\frac{42 - 250}{91}$	$\frac{11 - 28}{18}$	$\frac{27 - 51}{38}$	$\frac{580 - 900}{768}$	$\frac{3,30 - 4,55}{3,81}$	
III	3	$\frac{430 - 1680}{855}$	$\frac{410 - 590}{510}$	$\frac{3,2 - 5,7}{4,1}$	$\frac{62 - 160}{100}$	$\frac{9 - 15}{13}$	$\frac{33 - 59}{47}$	$\frac{755 - 865}{800}$	$\frac{3,62 - 3,92}{3,73}$	
V	5	$\frac{165 - 560}{305}$	$\frac{300 - 540}{439}$	$\frac{2,2 - 5,0}{4,1}$	$\frac{33 - 92}{62}$	$\frac{15 - 33}{21}$	$\frac{34 - 81}{52}$	$\frac{520 - 820}{720}$	$\frac{3,00 - 4,28}{3,45}$	
VI	22	$\frac{87 - 9185}{774}$	$\frac{265 - 895}{467}$	$\frac{1,5 - 6,0}{3,4}$	$\frac{40 - 130}{72}$	$\frac{14 - 41}{21}$	$\frac{26 - 76}{44}$	$\frac{500 - 990}{763}$	$\frac{1,66 - 4,33}{3,43}$	