

**ПРОБЛЕМЫ
ОСВОЕНИЯ
ГЕОРЕСУРСОВ
ДАЛЬНЕГО
ВОСТОКА**

Выпуск 5

МОСКВА
ИЗДАТЕЛЬСТВО
«ГОРНАЯ КНИГА»
2014



УДК 622:662.74:622.278.004.82:622.271
Ф 27

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых» СанПиН 1.2.1253-03, утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г. (ОСТ 29.124—94). Санитарно-эпидемиологическое заключение Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека № 77.99.60.953.Д.014367.12.13

Фаткулин А.А., Белов А.В., Гребенюк И.В., Ларионов М.В., Щека О.О., Автомонов Е.Г., Никитина А.В., Каулин М.И., Николайчук Д.Н., Рассказов И.Ю., Мигунов Д.С., Гладырь А.В., Макаров В.В., Аникин П.А., Искра А.Ю., Желнин Д.О., Сидляр А.В., Цициашвили Г.Ш., Мирошников В.И., Чебан А.Ю., Секисов Г.В., Хрунина Н.П., Угай С.М., Жуков А.В., Шулюпин А.Н., Чермошенцева А.А., Мирзеханов Г.С., Васянович Ю.А., Душпей В.П., Примачев Ю.В., Агошков А.И., Кудрин В.Н., Кинаев Н.Н., Бабаев А.Ю., Борода В.В., Гальцев И.С., Сидорова Н.Г., Сидоров Д.Е., Романов В.В., Столов Б.Л., Шкабарня Н.Г., Потапова Т.Л., Усольцева Л.А., Корнеева С.И., Литвинец О.И., Куксов В.С., Кучерук О.Н., Цуприк В.Г.

Проблемы освоения георесурсов Дальнего Востока. Выпуск 5: Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). Отдельные статьи (специальный выпуск). — 2014. — № 12. — 156 с. — М.: издательство «Горная книга»

Ф 27 ISSN 0236-1493

Изучен российский и мировой опыт (Австралии, КНР, США и др.) применения технологии подземной газификации угля, проведён анализ экспертных оценок специалистов в области угольной промышленности, связанных с внедрением технологий глубокой переработки угля, предложена технология подземной газификации угля, обеспечивающая повышение срока эксплуатации подземного газогенератора. Приведен анализ эколого-планировочного решения размещения сжиженного природного газа «СПГ-Владивосток». Рассмотрены вопросы построения откосов дорог, проводимых по склону топографической поверхности определенной местности, при проектировании карьеров по добычи полезного ископаемого открытым способом.

Ключевые слова: подземная газификация угля, подземный газогенератор, проектирование карьеров, глубокая переработка угля.

УДК 622:662.74:622.278.004.82:622.271

ISSN 0236-1493

© Коллектив авторов, 2014
© Издательство «Горная книга», 2014
© Дизайн книги. Издательство
«Горная книга», 2014

ПОДЗЕМНАЯ ГАЗИФИКАЦИЯ УГЛЯ КАК ПЕРСПЕКТИВНАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Наличие в различных странах мира значительного количества угольных месторождений, с большими запасами актуализирует развитие технологии добычи угля способом подземной газификации. Это обеспечивает возможность увеличения объемов добычи угля в условиях сокращения существующих промышленных запасов в районах с развитой инфраструктурой и благоприятными горно-геологическими условиями, отработкой месторождений на доступных глубинах как способом открытой, так и подземной добычи. Исследования и успешное применение технологии осуществляются во многих странах мира, в том числе Австралии, КНР, США и других. Технология подземной газификации угля и угледобывающие предприятия на ее основе становятся перспективным объектом коммерциализации и обеспечивают высокую рентабельность производств при снижении экологической нагрузки.

Ключевые слова: уголь, подземная газификация угля, газ подземной газификации угля, жидкое топливо, чистые угольные технологии, тепловая и электрическая энергия, угольная энергетика, углехимия, альтернативные углеводородные ресурсы.

Наличие значительного количества угольных месторождений, с большими запасами, рассредоточенных на территориях с развитой инфраструктурой актуализирует развитие технологии добычи угля способом подземной газификации с получением заменителя природного газа, электроэнергии, а также жидких топлив и химических продуктов. При этом возможен ввод в топливно-энергетический баланс продуктов глубокой переработки угля, расширение выпускаемой линейки продукции угледобывающих предприятий, значительное расширение сырьевой базы энергоресурсов, обеспечение экспорта альтернативных углеводородов из угля и продуктов их глубокой переработки, снижая зависимость от потребления нефти и природного газа.

Работа выполнена на основе изучения российского и мирового опыта применения технологии подземной газификации угля, анализа экспертных оценок специалистов в области угольной

промышленности, связанных с внедрением технологий глубокой переработки угля.

В настоящее время в России и за рубежом ведутся исследовательские работы по применению скважинных геотехнологий добычи угля, и прежде всего, технологии подземной газификации, обеспечивающей отработку угольных запасов с получением технологических газов для получения электроэнергии, так и ценных химических продуктов, в том числе синтез-газа, метанола, жидких топлив.

Это связано, прежде всего, с необходимостью увеличения объемов добычи угля в условиях сокращения существующих промышленных запасов в районах с развитой инфраструктурой и благоприятными горно-геологическими условиями, выходов значительного количества угольных разрезов на предельно допустимые глубины рентабельной отработки, а также с востребованностью присутствия на мировом рынке альтернативных углеводородов из угля, на фоне нестабильных, в силу геополитических, природных и экономических причин рынков нефти, природного и сланцевого газа, отсутствием промышленных технических решений освоения принципиально новых для рынка энергоресурсов, например, газогидратов.

Активные исследования в области добычи и переработки угля способом подземной газификации ведутся Департаментом энергетики Соединенных Штатов Америки, Ливерморской национальной лабораторией имени Э. Лоуренса (Соединенные Штаты Америки), компаниями Эрго Эксерджи Технолоджис, Линк Энерджи (Австралия), Солид Энерджи Нью Зиленд (Новая Зеландия), Институтом технологий Муроран (Япония), Пекинским центром подземной газификации угля (Китайская Народная Республика), Дальневосточным федеральным университетом (Россия) и другими. Разработаны и успешно внедрены в промышленное производство экологически чистые технологические схемы добычи угля способом подземной газификации угля (Китайская Народная Республика, Австралия, Соединенные Штаты Америки, Узбекистан). Разработаны основы технологии подготовки и вскрытия месторождений, методы отработки и контроля, процессы переработки технологических газов, промышленно доказана безопасность и рентабельность производств.

Актуальности и необходимости принятия срочных решений для промышленного применения технологии подземной газификации угля было посвящено заседание межведомственной комиссии по экономической безопасности Администрации Президента Российской Федерации в Дальневосточном федеральном округе, развитие технологии подземной газификации угля включено в мероприятия Долгосрочной Программы развития угольной промышленности России на период до 2030 года и перспективно в рамках реализации мероприятий технологической платформы «Твердые полезные ископаемые». Российским и зарубежным экспертным сообществом технология признана эффективной и перспективной для угольных месторождений России.

Актуальность также связана с реализацией принципов Энергетической стратегии России до 2030 года, направленных на расширение ресурсной базы угольного энергетического сырья, развитие стратегических инициатив, проектов и программ в области глубокой переработки угля, укрепление позиции России на мировых энергетических рынках, максимально эффективную реализацию экспортных возможностей отечественного топливно-энергетического комплекса, рост конкурентоспособности его продукции и услуг на мировом рынке. При этом, учитывая мировой опыт, технология подземной газификации угля может быть рассмотрена как одна из приоритетных для экономически эффективного освоения дополнительных запасов, развития производств по глубокой переработке угля, обеспечения присутствия на мировом рынке альтернативных углеводородов из угля.

В настоящее время ряд субъектов Дальневосточного федерального округа рассматривают вопрос о строительстве станций подземной газификации угля на своих территориях. Чукотский АО запустил проект по строительству станции подземной газификации угля с получением дизельного топлива из получаемого газа на своей территории. Проект реализуется совместно с австралийской компанией Линк Энерджи.

Как показывает зарубежный опыт (Китайская Народная Республика, Австралия), технология подземной газификации угля и угледобывающие предприятия на ее основе становятся перспективным объектом коммерциализации и обеспечивают высокую

рентабельность производств при снижении экологической нагрузки, особенно по выбросам парниковых газов, по сравнению с традиционным способом добычи и использования угля.

Активную роль в научном обосновании, проектировании, создании и эксплуатации современных предприятий по добыче угля способом подземной газификации за рубежом (Китайская Народная Республика, Австралия, Индия, Соединенные Штаты Америки, Южно Африканские республики, страны Европейского Союза) наряду с государственным организациями и фондами играют предприятия представителей бизнес-сообщества, обеспечивающие поддержку реализации НИР и НИОКР, создание пилотных проектов, и промышленных предприятий.

Важнейшим направлением развития добычи угля способом подземной газификации угля, обеспечивающим создание экологически чистых промышленных производств, является разработка современных ресурсосберегающих технологий подготовки и эксплуатации подземных газогенераторов на угольных пластах, обеспечивающих экологически безопасную добычу и глубокую переработку технологических газов. При этом важно решение задач, связанных со строительством подземных газогенераторов в сложных горно-геологических условиях (обводненность, нарушенность и невыдержанность пластов, наличие слабых пород кровли), характерных для многих угольных месторождений, увеличение коэффициента полезного действия подземных газогенераторов за счет дополнительной утилизации физического тепла газов, обеспечение попутной утилизации твердых бытовых отходов, обоснование типоразмеров и технологических регламентов промышленных газогенераторов с учетом применения существующего серийного типового оборудования для подготовки и эксплуатации месторождений.

Выводы

1. Мировым опытом применения подземной газификации угля доказана ее возможность использования в качестве промышленной экономически эффективной технологии.

2. Технология подземной газификации угля обеспечивает возможность увеличения объемов добычи угля в условиях сокращения существующих промышленных запасов в районах с развитой инфраструктурой и благоприятными горно-геологическими условиями.

3. Технология подземной газификации угля обеспечивает возможность освоения месторождений в условиях выхода угольных разрезов и шахт на предельно допустимые глубины рентабельной отработки.

4. Технология подземной газификации угля может удовлетворить потребность мировых рынков в альтернативных углеводородах из угля, в том числе на фоне нестабильных, в силу геополитических, природных и экономических причин рынков нефти, природного и сланцевого газа, отсутствием промышленных технических решений освоения принципиально новых для рынка энергоресурсов, например, газогидратов.

5. Актуальным является продолжение исследований, связанных с применением технологии подземной газификации угля в сложных горно-геологических условиях, создание новых технических решений на повышение коэффициента полезного действия подземных газогенераторов.

В целом, как показывают проведенные авторами исследования, технология подземной газификации угля обоснованно может стать перспективным направлением развития мировой угольной промышленности, обеспечивая эффективное освоение месторождений и развитие концепций глубокой переработки угля. При этом возможен ввод в топливно-энергетический баланс дополнительных ресурсов углеводородного сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крейнин Е.В., Белов А.В., Зоря А.Ю. Перспективы химической переработки газа подземной газификации угля с получением синтетического жидкого топлива / Газохимия. – 2009. – №9. – С. 18–20.
2. Ken-ichi Itakura, Masahiro Wakamatsu, Masahiro Sato, Tatsuhiko Goto, Yutaka Yoshida, Mitsuhiro Ohta, Koji Shimada, Giri Ram, Alexey Belov Evaluation of coal seam combustion using AE/MS techniques for underground coal gasification (UCG) / Proceedings of Korea – Japan Joint Symposium on Rock Engineering; October 22–23, 2009, Suwon, Korea. – P. 335-340.
3. Белов А.В., Кондырев Б.И., Гребенюк И.В. Перспективы применения технологии подземной газификации угля на месторождениях Дальнего Востока с получением газа-сырья для синтетического жидкого топлива / Уголь. – 2008. – №10. – С. 36-37.
4. Белов А.В., Гребенюк И.В. Перспективы применения технологии подземной газификации угля с получением энергетического газа и синтетического жидкого топлива / Горная промышленность. – 2009. – №3 (85). – С. 36-38.
5. Belov A., Kondyrev B., Grebenyk I., Skopnev V. Underground coal gasification: clean coal technology and new energy source // Proceedings of Joint seminar of environmental science and disaster mitigation research; March 8, 2013, Muroran Institute of Technology, Muroran, Japan. – P. 3–4.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Фаткулин Анвар Амрулович — доктор технических наук, директор дальневосточного регионального учебно-методического центра, Дальневосточный федеральный университет,
Белов Алексей Викторович — кандидат технических наук, доцент, poraen@mail.ru, Дальневосточный федеральный университет.

Гребенюк Игорь Владимирович — научный сотрудник, starbli@mail.ru, Дальневосточный федеральный университет.

Ларионов М.В. — Дальневосточный федеральный университет.

UDC 662.74

UNDERGROUND COAL GASIFICATION AS A PROMISING GEOTECHNOLOGICAL GIA DEVELOPMENT OF COAL INDUSTRY

Fatkulin A.A., Doctor of Science (Engineering), Director of the far Eastern regional training center, Far Eastern Federal University

Belov A.V., Candidate of Science (Engineering), Assistant Professor, Far Eastern Federal University

Grebenjuk I.V., scientific collaborator, Far Eastern Federal University

Larionov M.V., Far Eastern Federal University.

The presence worldwide of a significant number of coal deposits, with large reserves of effects on development of technology of extraction of coal by method of underground gasification. It enables to increase volumes of a coal mining in the conditions of reduction of existing stockpiles in the districts with the developed infrastructure and favourable mining and geological conditions, development of deposits on the available depth as a way of open and underground mining. Research and successful application of the technology being implemented in many countries, including Australia, China, USA and others. Technology of underground gasification of coal and coal-mining enterprise on its basis become a promising object of commercialization and provide high profitability of production while lowering environmental impact.

Key words: coal, underground gasification of coal, gas, coal, liquid fuel, clean coal technologies, thermal and electric energy, coal energy, Uglehimija, alternative hydrocarbon resources.

REFERENCES

1. Krejnin E.V., Belov A.V., Zorja A.Ju. *Perspektivy himicheskoj pererabotki gaza podzemnoj gazifikacii uglja s polucheniem sinteticheskogo zhidkogo topliva* (Prospects of the chemical processing of gas underground coal gasification to produce synthetic liquid fuel) / *Gazohimija*, 2009, No. 9, pp. 18–20.
2. Ken-ichi Itakura, Masahiro Wakamatsu, Masahiro Sato, Tatsuhiko Goto, Yutaka Yoshida, Mitsuhiko Ohta, Koji Shimada, Giri Ram, Alexey Belov Evaluation of coal seam combustion using AE/MS techniques for underground coal gasification (UCG) / *Proceedings of Korea – Japan Joint Symposium on Rock Engineering*; October 22–23, 2009, Suwon, Korea, pp. 335–340.
3. Belov A.V., Kondyrev B.I., Grebenjuk I.V. *Perspektivy primeneniya tehnologii podzemnoj gazifikacii uglja na mestorozhdenijah Dal'nego Vostoka s polucheniem gaza-syr'ja dlja sinteticheskogo zhidkogo topliva* (Prospects of application of technology of underground gasification of coal deposits in the Far East with obtaining gas, raw material for synthetic liquid fuels), *Ugol'*, 2008, No. 10, pp. 36–37.
4. Belov A.V., Grebenjuk I.V. *Perspektivy primeneniya tehnologii podzemnoj gazifikacii uglja s polucheniem jenergeticheskogo gaza i sinteticheskogo zhidkogo topliva* (Prospects of application of technology of underground gasification of coal with obtaining energy gas and synthetic liquid fuel) / *Gornaja promyshlennost'*, 2009, No. 3 (85), pp. 36–38.
5. Belov A., Kondyrev B., Grebenyuk I., Skopnev V. Underground coal gasification: clean coal technology and new energy source // *Proceedings of Joint seminar of environmental science and disaster mitigation research*; March 8, 2013, Muroran Institute of Technology, Muroran, Japan pp. 3–4.

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТА «СПГ-ВЛАДИВОСТОК» НА ОСНОВЕ МАТРИЧНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Приведен анализ эколого-планировочного решения размещения СПГ-Владивосток. Используемая математическая модель позволяет проанализировать текущее состояние системы и спрогнозировать ее развитие.

Ключевые слова: математическая модель, эколого-планировочное решение, комплексная оценка.

Нефтегазовый комплекс Дальнего Востока в настоящее время находится в стадии активного развития — уже созданы и успешно функционируют линейные трубопроводные системы, сопутствующие сооружения и объекты, перегрузочный нефтяной терминал [1]. Для дальнейшего развития и модернизации объектов комплекса необходимо расширять мощности систем совместно с увеличением направлений сбыта, в том числе за рубеж, а также наращивать объемы переработки углеводородного сырья. Одним из ключевых проектов в газовой отрасли следует считать строительство терминала по отгрузке сжиженного природного газа (СПГ) [2, 3].

Экономическое обоснование, как и выбор места размещения терминала является сложной многокомпонентной задачей, решение которой возможно с помощью матричных методов [4–8]. Метод, используемый в статье, базируется на построении матричной математической модели с заданными параметрами оценки [9]. Модель позволяет оценить состояние системы в текущий момент и спрогнозировать ее изменение на последующих стадиях развития.

На основании обобщенного подхода к оценке природно-технической системы, рассматривается эколого-планировочное решение по размещению СПГ в б.Перевозная Приморского края как самостоятельной природно-технической системы. Для определения потенциальной возможности размещения объекта в мес-

те предполагаемой застройки проведен анализ состояния экологической обстановки, определен состав промышленных объектов, соседствующих с площадкой под застройку, а также оценена социальная составляющая района.

На основании проведенного анализа выделены существенные для оценки факторы по каждому направлению. Произведена группировка факторов в смысловые множества для дальнейшего построения иерархической структуры.

При исследовании особенностей размещения и функционирования терминала СПГ как природно-технической системы были выделены три основные множества факторов, а также смысловые подмножества в каждом из множеств. Природно-климатическая составляющая (PC) общей системы, описывающая аспекты размещения с точки зрения природных условий и навигации, разделена на подмножества, которые объединяют собственно климатические (C), ландшафтные (L), гидрологические (V) и геологические (G) факторы. Особо выделена экологическая составляющая (ER) системы, в связи с близким расположением заповедных и рекреационных территорий. Экологическая составляющая разделена с учетом заинтересованности экологического сообщества на следующие подмножества: биосферные факторы (B), территориальные факторы (S) и виды воздействия (D). Немаловажную роль в общей системе занимает технологическая составляющая (TP), отражающая инфраструктурную обеспеченность территории строительства и косвенно отражающая масштабы преобразований исходной среды в границах проектируемой ПТС. Технологическая составляющая системы подразделяется на подмножества ресурсных (R) и административных факторов (A).

Для выполнения условия достаточности функционирования матричной модели нами выделено 67 факторов, по которым производилась оценка существенности составляющих системы.

Мы рассматриваем три состояния системы ПТС СПГ: стадия проектирования, или начальные условия (t_1); стадия строительства, или промежуточное нестабильное состояние (t_2); стадия эксплуатации, или конечные условия (t_3). В настоящий момент идет предпроектная стадия разработки, поэтому промежуточное состояние и конечные условия носят прогнозный характер.

Для каждого подмножества каждой составляющей была построена матрица, отражающая состояние каждого фактора на трех стадиях функционирования, таким образом, для дальнейшей оценки мы получили девять матриц. Общий вид матрицы для подмножества гидрологических факторов:

$$\begin{pmatrix} v_{11}v_{12}v_{13}v_{14}v_{15}v_{16}v_{17}v_{18}v_{19}v_{110}v_{111} \\ v_{21}v_{22}v_{23}v_{24}v_{25}v_{26}v_{27}v_{28}v_{29}v_{210}v_{211} \\ v_{31}v_{32}v_{33}v_{34}v_{35}v_{36}v_{37}v_{38}v_{39}v_{310}v_{311} \end{pmatrix}.$$

Как можно видеть из представленной матрицы, каждому фактору присвоен уникальный идентификатор, который состоит из буквенной и численной части. Буквенная часть идентификатора определяет принадлежность к подгруппе, первая цифра индекса показывает рассматриваемую стадию, вторая цифра индекса обозначает порядковый номер фактора в группе. Идентификатор значительно упрощает порядок работы с системой.

Таким образом, каждое подмножество, составляющая и система имеют свой буквенный идентификатор.

На первом этапе расчеты производились по векторам, отражающим стадии. Следовательно, можно сделать выводы о существенности подмножеств факторов относительно других подмножеств.

Начальные условия имеют следующую оценку в каждой составляющей:

$$\begin{aligned} \sum_{c \in PC} w_1(c) &> \sum_{g \in PC} w_1(g) > \sum_{v \in PC} w_1(v) > \sum_{l \in PC} w_1(l) \\ \sum_{a \in TP} w_1(a) &> \sum_{r \in TP} w_1(r) \\ \sum_{s \in ER} w_1(s) &> \sum_{d \in ER} w_1(d) > \sum_{b \in ER} w_1(b) \end{aligned}$$

По первому уравнению для природно-климатической составляющей видно, что климатические факторы с весом 0,27 являются наиболее существенными для оценки на начальной стадии, на втором месте идут геологические факторы (0,24).

Технологическая составляющая имеет большую взвешенную мощность в подмножестве административных факторов (0,6), что

говорит о превалировании социальной сферы над инфраструктурой района.

Подмножества экологической составляющей незначительно отличаются по взвешенной мощности, но существенность подмножества территориальных факторов (0,41), включающих оценку особо охраняемых территорий, превышает остальные.

Сравнение для промежуточных и конечных условий идентично, поэтому приведем только один вариант:

$$\begin{aligned} \sum_{c \in PC} w_3(c) &> \sum_{g \in PC} w_3(g) > \sum_{l \in PC} w_3(l) > \sum_{v \in PC} w_3(v) \\ \sum_{a \in TP} w_3(a) &> \sum_{r \in TP} w_3(r) \\ \sum_{s \in ER} w_3(s) &> \sum_{d \in ER} w_3(d) > \sum_{b \in ER} w_3(b) \end{aligned}$$

Из полученных неравенств видно, что иерархия подмножеств по взвешенной мощности осталась практически неизменной. Это соотношение показывает оптимальность выбора площадки для строительства, так как акценты, расставленные при начальных условиях, не нуждаются в изменении.

Помимо расчетов внутри между подмножествами проведена оценка между составляющими системы на трех стадиях:

$$\begin{aligned} \sum_{pc \in PTE} w_1(pc) &> \sum_{br \in PTE} w_1(er) > \sum_{tc \in PTE} w_1(tc) \\ \sum_{pc \in PTE} w_2(pc) &> \sum_{br \in PTE} w_2(er) > \sum_{tc \in PTE} w_2(tc) \\ \sum_{pc \in PTE} w_3(pc) &> \sum_{br \in PTE} w_3(er) > \sum_{tc \in PTE} w_3(tc) \end{aligned}$$

На всех стадиях существования системы имеется доминирование природно-климатической составляющей (0,41÷0,42), условия в которой во многом определяют сложность строительства и эксплуатации объекта, в том числе морской навигации. Учет существующих природных опасностей с последующей качественной проработкой и внедрении методов и средств предотвращения негативного воздействия объекта на окружающую среду позволит эксплуатировать объекты СПГ без значительных последствий.

Экологическая составляющая находится в пограничном состоянии ($0,32 \div 0,34$), и при грамотном подходе в реализации проекта с учетом существующих ограничений имеется возможность сохранения баланса в условиях сосуществования техногенной и природной среды.

Завершает цепочку влияний технологическая составляющая ($0,25 \div 0,26$), то есть можно говорить о максимальном приоритете условий и компонентов окружающей среды над техногенным воздействием. Современные природоохранные технологии, при условии их комплексного внедрения, позволяют сохранять, а в некоторых случаях улучшать качество окружающей природной среды по ряду направлений.

Необходимым условием для устойчивого функционирования ПТС СПГ на стадии строительства, эксплуатации и прогнозирования ее дальнейшего состояния является разработка программы комплексного экологического мониторинга, позволяющего отслеживать изменения параметров и компонентов окружающей среды в реальном времени.

Для принятия решения о возможности строительства и ввода в эксплуатацию нефтегазового объекта необходима детальная проработка возможных рисков и аварий, а также оценка возможных последствий в случае их возникновения. Факторы, характеризующие зону возможного поражения, косвенно учтены в модели при анализе природно-климатических и ландшафтно-экологических условий.

Выстроенная иерархическая структура ПТС СПГ позволяет увидеть, что при заданных начальных условиях (существующая экологическая ситуация, социальная обстановка, инфраструктурная освоенность района, уровень внедряемых природоохранных технологий) выбор места размещения данного объекта является экологически допустимым вариантом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Восточная газовая программа* [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.gazprom.ru/about/production/projects/east-program/>, свободный. — Загл. с экрана.
2. «Газпром» начал разработку проектной документации по проекту «Владивосток-СПГ» [Электронный ресурс] / 2013. — Режим доступа:

<http://www.gazprom.ru/press/news/2013/november/article177949/>, свободный. — Загл. с экрана.

3. «Газпром» завершил разработку Обоснования инвестиций в проект «Владивосток-СПГ» [Электронный ресурс] / 2013. — Режим доступа: <http://www.gazprom.ru/press/news/2013/february/article155858/>, свободный. — Загл. с экрана.

4. Золотых, Е.Б. Математическая модель функционирования природно-технической системы, образованной горнодобывающим предприятием [Электронный ресурс] / Журнал «Горная Промышленность». 1999. — Режим доступа: <http://mining-media.ru/arhiv/1999/5/24>, свободный. — Загл. с экрана.

5. Гульков, А.Н., Никитина, А.В., Щека, О.О. К вопросу комплексной оценки потенциала развития территорий и формирования зон совместного природопользования. // Известия самарского научного центра Российской академии наук. Том 13, Номер1 (6). 2011. С. 1322-1325.

6. Никитина, А.В., Щека, О.О. Применение матричной модели при оценке влияния факторов на формирование природно-технической системы. // II Международная научно-практическая конференции, Современное состояние естественных и технических наук. Технические науки. —2011. С. 64-68.

7. Жердев, В.Н. Перспективы моделирования природно-технических систем в целях оценки их состояния / В.Н. Жердев, С.Д. Беспалов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия география и геоэкология. — Воронеж, 2003. №1. С. 82–87.

8. Гайкович, А.И. Основы оценки теории проектирования сложных технических систем. // СПб.: НИЦ «МОРИНТЕХ», 2001. 432 с.

9. Гульков, А.Н., Никитина, А.В., Щека, О.О. К разработке матричной математической модели оценки состояния природно-технической системы. // Известия самарского научного центра Российской академии наук. Том 13, Номер1 (6). 2011. С. 1326-1329.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Щека Оксана Олеговна — ассистент кафедры Нефтегазового дела и нефтехимии Инженерной школы, scheka.oo@dvfu.ru,

Автомонов Евгений Геннадьевич — заведующий лабораторией кафедры Нефтегазового дела и нефтехимии Инженерной школы, avtomoniv.eg@dvfu.ru

Никитина Анна Владимировна — кандидат геологических наук, доцент кафедры Нефтегазового дела и нефтехимии Инженерной школы. nikitina.av@dvfu.ru.

UDC 504.062, 519.87

THE ANALYSIS OF CONDITIONS OF ACCOMMODATION OBJECT LNG-VLADIVOSTOK" ON THE BASIS OF THE MATRIX MATHEMATICAL MODELS

Shcheka O.O., assistant of the Department of Petroleum and petrochemical Engineering school, scheka.oo@dvfu.ru, Far Eastern Federal University, Russia,

Avtomonov E.G., head of the laboratory of the Department of Petroleum and petrochemical Engineering school, Far Eastern Federal University, avtomoniv.eg@dvfu.ru, Russia,
Nikitina A.V., candidate of geological Sciences, associate Professor of Petroleum and petrochemical Engineering school, Far Eastern Federal University, nikitina.av@dvfu.ru, Russia.

The article provides an analysis of ecological planning solutions for LNG-Vladivostok. Used mathematical model allow to analyze the current state of the system and to predict its development.

Key words: mathematical model, eco-planning solution, integrated evaluation.

REFERENCES

1. *Vostochnaja gazovaja programma* [Elektronnyj resurs] / Rezhim dostupa: <http://www.gazprom.ru/about/production/projects/east-program/>, svobodnyj.
2. «Gazprom» nachal razrabotku proektnoj dokumentacii po proektu «Vla-divostok-SPG» [Elektronnyj resurs] / 2013, Rezhim dostupa: <http://www.gazprom.ru/press/news/2013/november/article177949/>, svobodnyj.
3. «Gazprom» zavershil razrabotku Obosnovanija investicij v proekt «Vladivostok-SPG» [Elektronnyj resurs] / 2013, Rezhim dostupa: <http://www.gazprom.ru/press/news/2013/february/article155858/>, svobodnyj.
4. Zolotyh, E.B. *Matematicheskaja model' funkcionirovanija prirodno-tehnicheskoi sistemy, obrazovannoj gornodobyvajushhim predpriyatiem* (Mathematical model of functioning of natural-technical systems, educated mining enterprise), Zhurnal «Gornaja Promyshlennost'», 1999, Rezhim dostupa: <http://mining-media.ru/arhiv/1999/5/24/>, svobodnyj.
5. Gul'kov, A.N., Nikitina, A.V., Shheka, O.O. *K voprosu kompleksnoj ocenki potentsiala razvitiia territorij i formirovanija zon sovmestnogo prirodno-pol'zovaniia* (To the question of the comprehensive assessment of the development potential of the area and zones creation of joint environmental management), Izvestija samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk, Tom 13, Nomer1 (6), 2011, pp. 1322-1325.
6. Nikitina, A.V., Shheka, O.O. *Primenenie matrichnoj modeli pri ocenke vlijanij faktorov na formirovanie prirodno-tehnicheskoi sistemy* (The application of the matrix model in the evaluation of the influence of factors on the formation of natural-technical systems), II Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencii, Sovremennoe sostojanie estest-vennyh i tehniceskikh nauk, Tehniceskie nauki, 2011, pp. 64-68.
7. Zherdev, V.N. *Perspektivy modelirovanija prirodno-tehnicheskikh sistem v celjah ocenki ih sostojanija* (Prospects modelling of natural-technical systems in order to assess their status) / V.N. Zherdev, S.D. Bespalov, Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija geografija i geojekologija, Voronezh, 2003, No.1, pp. 82-87.
8. Gajkovich, A.I. *Osnovy ocenki teorii proektirovanija slozhnyh tehni-cheskikh sistem* (Valuation bases of the theory of designing of complex technical systems), SPb, NIC «MORINTEH», 2001, 432 p.
9. Gul'kov, A.N., Nikitina, A.V., Shheka, O.O. *K razrabotke matrichnoj matema-ticheskoj modeli ocenki sostojanija prirodno-tehnicheskoi sistemy* (To develop a matrix of the mathematical model of assessment of natural-technical systems), Izvestija samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk, Tom 13, Nomer1 (6), 2011, pp. 1326-1329.

ПОСТРОЕНИЕ ОТКОСОВ ДОРОГ ПРИМЫКАЮЩИХ К КАРЬЕРУ

Представлены сведения, которые могут быть полезны и необходимы для построения откосов дорог, проводимых по склону топографической поверхности определенной местности, при проектировании карьеров по добычи полезного ископаемого открытым способом.

Ключевые слова: откосы дорог, проектирование карьеров.

Горные выработки в зависимости от структуры пород, и технологий производства могут приобретать самые разнообразные сложные очертания. Одним из основных элементов любой открытой горной выработки или насыпи является откос отступа.

При проектировании карьера для добычи полезного ископаемого необходимо учитывать уклон и величину откосов. Рассмотрим построение откосов дороги, идущей по склону топографической поверхности. Заданы кромки дороги, её уклон и уклоны откосов. С одной стороны дороги откос формируется выемкой грунта, а с другой стороны насыпью (рис. 1).

Необходимо задать плоскости откосов по заданным уклонам. Так как плоскость полотна дороги не горизонтальна, а имеет уклон, то горизонтали плоскости откосов не будут параллельны

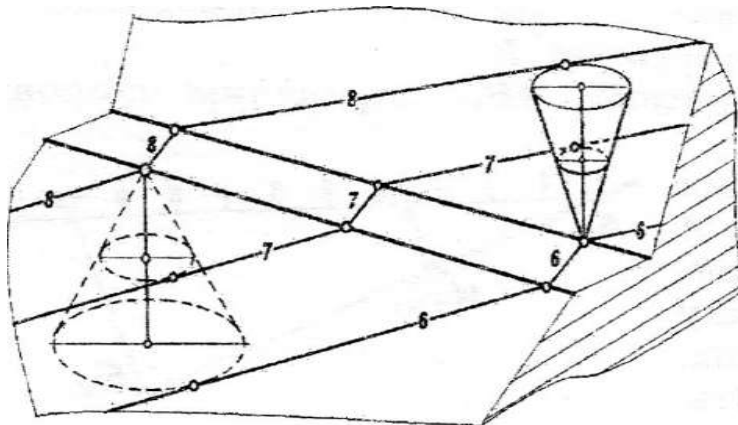


Рис. 1

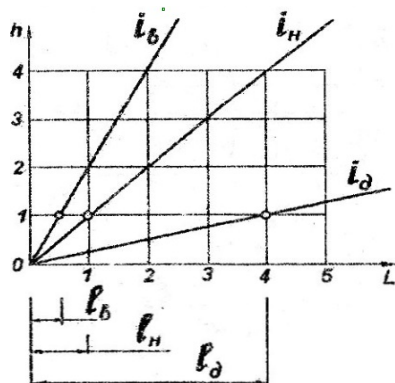


Рис. 2

уклонов определяем интервалы заложения. Они соответствуют отрезкам, вынесенным вниз с высоты 1 м: $l_в$ — интервал заложения откоса выемки; $l_н$ — интервал откосанасыпи; $l_д$ — интервал заложения полотна дороги.

Для построения горизонтали откоса используется вспомогательный конус, вершина которого находится на кромке дороги с отметкой 8, а образующие имеют такой же уклон, как уклон откоса насыпи (рис. 1). На плане проекция конуса представляет собой несколько концентрических окружностей, с интервалом заложения соответствующего откоса (рис. 3).

Горизонталь откоса насыпи проводится по касательной к соответствующей горизонтали вспомогательного конуса с той же отметкой.

Остальные horizontals откоса насыпи проводятся параллельно построенной. Аналогичным образом строятся horizontals выемки, однако вспомогательный конус берётся вершиной вниз (рис. 1).

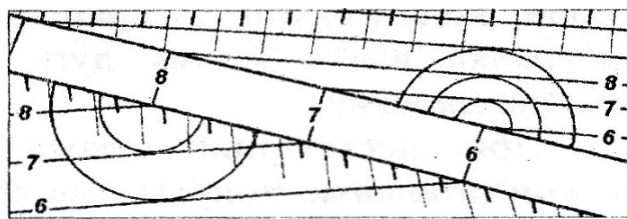


Рис. 3

кромке дороги. Для определения интервалов откосов и дороги удобно предварительно построить график называемый **масштабом уклонов** (рис. 2).

На горизонтальной и вертикальной оси графика наносится линейный масштаб чертежа. На графике строятся три наклонные прямые, соответствующие заданным уклонам: уклон выемки $i_в$, уклон насыпи $i_н$, уклон дороги $i_д$. По масштабу

На рис. 3 построен откос выемки при помощи вспомогательного конуса, вершина которого находится на кромке дороги с отметкой 6.

Уклон откоса выемки задан больше чем уклон откоса насыпи, поэтому меньше интервал заложения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ломоносов Г.Г. Инженерная графика. – М: Недра, 1984. – 284с.
2. Горная графическая документация (ГОСТ 2.850-75... ГОСТ 2.857-75).

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Каулин Михаил Иванович – доцент Инженерной школы Дальневосточного федерального университета,

Николайчук Дмитрий Николаевич – старший преподаватель Инженерной школы Дальневосточного федерального университета, dvip@list.ru,

UDC 622.271

BUILDING THE SLOPES OF ROADS ADJACENT TO THE QUARRY

Kaolin M.I., Assistant Professor, the school of Engineering, far Eastern Federal University,
Nikolaychuk D.N., Senior Lecturer, the school of Engineering, far Eastern Federal University.

This article contains information that may be useful and necessary to build slopes of roads conducted on the slope of the topographic surface particular location, the design of the quarry is mined by open method.

Key words: slopes of roads, quarries design.

REFERENCES

1. Lomonosov G.G. *Inzhenernaja grafika* (Engineering graphics), Moscow, Nedra, 1984, 284 p.
2. *Gornaja graficheskaja dokumentacija* (Mining graphic documentation) (GOST 2.850-75... GOST 2.857-75).

СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В ПОДЗЕМНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРАХ НА УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ

Проведён анализ способов утилизации твёрдых бытовых отходов в Приморском крае, обоснована эффективность применения технологии подземной газификации угля.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, газификация, подземная газификация угля, подземный газогенератор, социально-экономический эффект.

Важной проблемой современных территорий является рост объемов образования и накопления твердых бытовых отходов (далее – ТБО). Общий объем образования ТБО только в населенных пунктах России составляет порядка 250 млн м³ (50 млн т) в год.

Объем образования ТБО в 2011 г. по данным Министерства природных ресурсов и экологии составил 52,9 млн т. В 2011 г. Приморский край вошел в 10 регионов России с наибольшим объемом образования ТБО. Объем образования ТБО в Приморском крае составил 1,7 млн т [1].

Основным способом утилизации ТБО в Приморском крае является захоронение на полигонах. Полигонами по захоронению ТБО в крае обеспечены 10 муниципальных образований края. Совокупная остаточная мощность полигонов составляет 2,67 млн т. Расчетный остаточный срок эксплуатации при текущих нормах накопления отходов населения составит по разным полигонам от 3 до 15 лет. Инфраструктура по переработке отходов на территории края практически не развивается, либо это происходит темпами, не соответствующими современным требованиям. Исключения составляют только г. Уссурийск и г. Владивосток, в которых построены современные мусоросортировочные комплексы с полигонами по захоронению не утилизируемых отходов. Кроме этого, в целях получения тепловой энергии производится сжигание отходов на спецзаводе в г. Владивостоке [2].

В связи с обострением экономических, экологических и социальных проблем вследствие роста объемов образования ТБО большое внимание стало уделяться вопросам использования отходов, которые начали рассматриваться как возобновляемый источник энергии, и необходимости создания условий для вовлечения их в энергетический баланс в качестве важного местного вида топлива, что также обеспечивает решение экологических проблем. В соответствии с Энергетической стратегией России на период до 2030 года государственная политика в сфере использования местных видов топлива будет предусматривать создание условий для выработки энергии на базе использования местных бытовых отходов [3].

Выходом из сложившейся ситуации является разработка и внедрения более совершенных, экологически безопасных, экономически обоснованных способов утилизации ТБО.

При выборе способа утилизации ТБО необходимо учитывать их свойства. Основная масса ТБО представляет собой углеродосодержащие компоненты, являющиеся ценным продуктом для производства энергетического и химического сырья, прежде всего газообразного.

Одним из направлений использования ТБО может стать технология подземной газификации угля (ПГУ). Это обеспечит повышение срока эксплуатации подземного газогенератора за счет увеличения сырьевой составляющей, повышение эффективности работы за счет увеличения объемов производства газа, решение вопроса с утилизацией зольного остатка за счет использования его в качестве закладки выработанного пространства подземного газогенератора, снижение себестоимости производимого газа при улучшении его характеристик, отсутствие дополнительных затрат на строительство наземных газогенераторов, возможность создания горных энергохимических комплексов по производству электрической и тепловой энергии, синтетических жидких топлив и ценных химических продуктов.

Социально-экономическим эффектом от использования ТБО в технологии подземной газификации углей является улучшение экологической обстановки, расширение сырьевой базы энергоресурсов, более полное и комплексное использование сырья и материалов, создание новых рабочих мест.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Опубликован* список регионов с наибольшим объемом образования отходов // MNR.GOV.RU: официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации. URL: <http://www.mnr.gov.ru/news/detail.php?ID=130241> (дата обращения: 02.02.2014).
2. *Современное* состояние обращения с отходами производства и потребления в Приморском крае и меры по улучшению ситуации в данной сфере // PRIMORSKY.RU: официальный сайт Администрации Приморского края <http://primorsky.ru/authorities/executive-agencies/departments/environment/environmental-education/the-iac-on-environmental-education.php> (дата обращения: 02.02.2014).
3. *Энергетическая* стратегия России на период до 2030 года: Распоряжение Правительства Российской Федерации от 13.11.2009 №1715-р // Собрание законодательства Российской Федерации. – №48. – 2009. – 30 ноября.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Гребенюк Игорь Владимирович — научный сотрудник, starbli@mail.ru,
Белов Алексей Викторович — кандидат технических наук, доцент, poraen@mail.ru,
Фаткулин Анвир Амрулович — доктор технических наук, директор дальневосточного регионального учебно-методического центра ДВФУ

UDC 622.278.004.82

SOCIO-ECONOMIC THE EFFICIENCY OF UTILIZATION SOLID WASTE IN THE UNDERGROUND GAS GENERATORS IN COAL BEDS

Grebenjuk I.V., scientific collaborator, Far Eastern Federal University,
Belov A.V., Candidate of Science (Engineering), Assistant Professor, Far Eastern Federal University,
Fatkulin A.A., Doctor of Science (Engineering), Director of the far Eastern regional training center, Far Eastern Federal University.

The analysis of methods of disposal of solid waste in the coastal region, the effectiveness of applying the technology of underground coal gasification.

Key words: municipal solid waste, gas, underground Gazi-qualification, coal, underground gas generator, socio-economic effect

REFERENCES

1. *Опубликован список регионов с наибольшим объемом образования отходов* (Published the list of regions with the largest amount of education from moves) // MNR.GOV.RU: official'nyj sayt Ministerstva prirodnyh resursov i jekologii Rossijskoj Federacii. URL: <http://www.mnr.gov.ru/news/detail.php?ID=130241> (data obrashhenija: 02.02.2014).
2. *Современное состояние обращения с отходами производства и потребления в Приморском крае и меры по улучшению ситуации в данной сфере* (Current state of waste production and consumption in Primorsky Krai and measures for improving the situation in this sphere) // PRIMORSKY.RU: official'nyj sayt Administracii Primorskogo kraja <http://primorsky.ru/authorities/executive-agencies/departments/environment/environmental-education/the-iac-on-environmental-education.php> (data obrashhenija: 02.02.2014).
3. *Энергетическая стратегия России на период до 2030 года: Распоряжение Правительст ва Российской Федерации от 13.11.2009 №1715-р* (The energy strategy of Russia for the period up to 2030: the Order of the Government of the Russian Federation 13.11.2009 №1715-r) // Sобрание zakonodatel'stva Rossijskoj Federacii, No. 48, 2009, 30 nojabrja.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЛОКАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ УДАРООПАСНОСТИ ПРИ ВЕДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ В СЛОЖНЫХ ГОРНОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Рассмотрены вопросы, связанные с разработкой технических средств для оперативного локального контроля удароопасности при ведении подземных горных работ. Описаны конструктивные особенности разработанного портативного прибора нового поколения для оценки состояния массива горных пород геоакустическими методами и приведены результаты его апробации в условиях Николаевского полиметаллического месторождения, опасного по горным ударам.

Ключевые слова: удароопасность, массив горных пород, геоакустика, технические средства, прогноз.

В последние годы на целом ряде рудных месторождений дальневосточного региона наблюдается усложнение геомеханической обстановки, что связано с ростом глубин разработки, увеличением выработанных пространств и высокой концентрацией горных работ. В подобных сложных условиях необходимы более углубленные комплексные геодинамические исследования, включающие оперативное изучение закономерностей геодинамических полей и процессов в области техногенного влияния горных работ с использованием сейсмических, сейсмоакустических, геодезических и иных методов с целью получения принципиально новой информации о напряженно-деформированном состоянии геологической среды. Для надежной оценки состояния массива наряду со стационарными автоматизированными системами контроля горного давления (АСКГД), необходимо применение приборов для локальной экспресс-контроля удароопасности различных целиков и краевых участков массива, в которых прогнозируется высокий уровень напряжений [1—2].

В ИГД ДВО РАН разработан портативный прибор оперативного локального контроля удароопасности нового поколения «Prognoz L» (рис. 1), который базируется на апробированных методических подходах, современных технических решениях и оригинальных алгоритмах, и обеспечивает цифровую регистрацию и обработку широкого ряда параметров акустических волн, что позволяет значительно повысить надежность прогнозных оценок. В качестве приемника акустической эмиссии используется акселерометр компании «Глобалтест» марки AP99-1000, технические характеристики которого приведены в табл. 1. Функциональная схема прибора для локальной оценки удароопасности «Prognoz L» приведена на рис. 2.

В основе измерительной части прибора лежит ARM микроконтроллер STM32F205, с помощью которого осуществляется как управление прибором, так и обработка принимаемого сигнала с выделением участков акустической эмиссии. Данный микроконтроллер производится по 90 нм технологии с использованием ускорителя памяти (ART Accelerator™), позволяющего работать с памятью без задержек на максимальных частотах. Производительность на тактовой частоте 120 МГц равна 150 DMIPS. Высокая производительность позволяет в полной мере

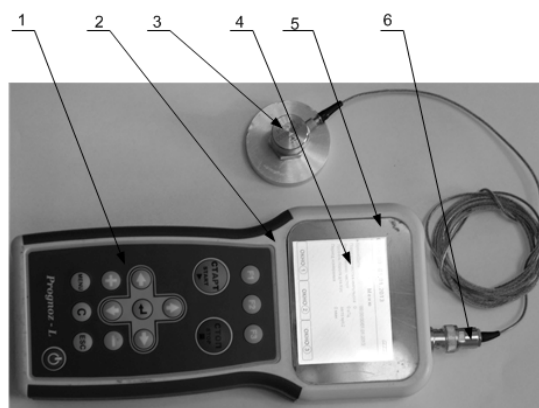


Рис. 1. Внешний вид прибора локального контроля удароопасности «Prognoz L»:
1 – мембранная клавиатура управления; 2 – пластиковый корпус прибора; 3 – выносной датчик АЭ с монтажной площадкой; 4 – цветной ЖКИ-дисплей; 5 – защитное стекло из поликарбоната; 6 – разъем с подключенным датчиком

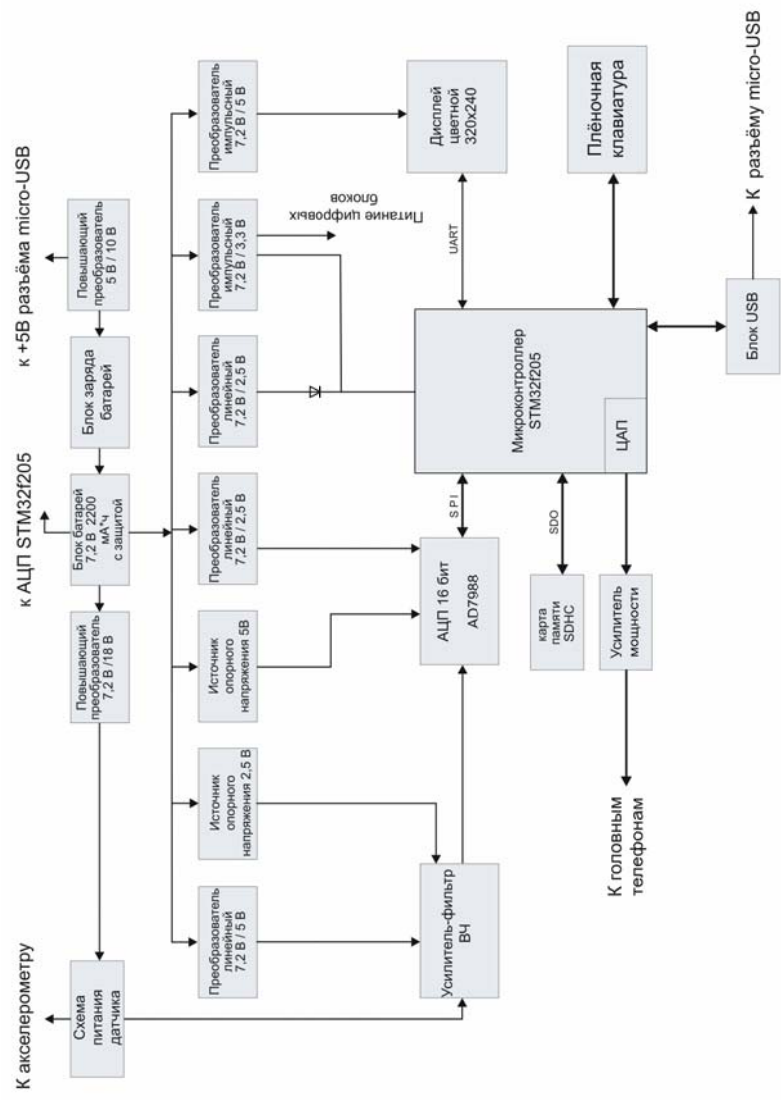


Таблица 1

Технические характеристики акселерометра AP99-1000

Наименование	Размер-ность	AP99-1000
Осевая чувствительность ($\pm 10\%$)	mV/g	1000
Относительная поперечная чувствительность	%	< 5
Амплитудный диапазон	g	5
Максимальный удар (пиковое значение)	g	250
Частотный диапазон (неравномерность ± 1 дБ)	Гц	0,5...10000
Резонансная частота в закреплённом состоянии	кГц	> 15
Уровень шума (1 Гц ... 10 кГц)	g	< 0,000 1
Выходное сопротивление	Ом	< 500
Напряжение питания	В	(15...30)
Ток питания	мА	2...20
Масса (без кабеля)	г	35

использовать DSP-библиотеку. Это программное обеспечение использует возможности ядра по цифровой обработке сигнала такие как, преобразование Фурье и цифровые фильтры. Использование DSP-библиотеки позволяет отказаться от использования дополнительных DSP-устройств. Серия STM32F2xx характеризуется очень низким динамическим энергопотреблением, составляющим 188 мкА на 1 МГц, что эквивалентно 22,5 мА на 120 МГц. Так же важным достоинством является встроенная Flash-память объем которой достигает 1 Мбайт. В настоящий момент это максимальное значение среди микроконтроллеров на ядре ARM Cortex-M3. Объем SRAM-памяти достигает 128 кбайт.

Для вывода данных измерений и настроек прибора используется цветной жидкокристаллический дисплей μ LCD-32PTU фирмы 4dsystems. Удобство его применения обеспечено наличием в дисплейном модуле встроенного микропроцессора поддерживающего библиотеки низкоуровневого вывода графических примитивов и текстовых строк. Данное решение позволяет разгрузить центральный микроконтроллер, которому теперь для графического вывода информации достаточно передавать только данные о выводимых объектах и текстовые строки, а не выводить эти объекты по одному пикселю.

Хранение результатов измерений, а также истории работы прибора производится на flash карточку формата micro-SD объемом до 4 Гбайт. Интерфейс обмена с картами данного формата реализован в микроконтроллере STM32F205 в виде аппаратного модуля, который позволяет считывать и записывать данные не используя вычислительное ядро микроконтроллера.

Сигнал с датчика АЭ поступает на блок преобразования и оцифровки сигнала, в котором он отфильтровывается от помех с частотой выше 30 кГц, преобразуется в диапазон входных сигналов АЦП и оцифровывается с частотой дискретизации 400 кГц. В дальнейшем оцифрованные данные по интерфейсу SPI поступают в микроконтроллер для дальнейшей обработки.

Работа портативного прибора контроля горного давления осуществляется под управлением микропрограммы для микропроцессора STM32f205 написанной на языке C. Данную микропрограмму можно разделить на 2 части: интерфейсную микропрограмму взаимодействия с пользователем и микропрограмму цифровой обработки сигналов, осуществляющую выделение и обработку сигналов акустической эмиссии.

Испытания прибора локального контроля удароопасности «Prognoz-L» выполнялись в условиях глубоких горизонтов опасного по горным ударам Николаевского полиметаллического месторождения, расположенного в Восточном Приморье, на котором горные работы достигли глубины более 800 м [3]. Для экспериментальных исследований был выбран краевой участок массива штрека «Восточный» на гор. –360 м, где наблюдались динамические проявления горного давления. Этот участок приурочен к пересечению тектонических нарушений меридионального и северо-западного направления и находится в зоне опорного давления блока «Восточный».

Для оценки состояния горного массива прибором локального контроля «Prognoz-L» использовались апробированные методики [4-5], в которых в качестве критериев выступают: интенсивность АЭ за 15-минутный интервал без видимого влияния технологических процессов N_V^{AY} и показатель амплитудного распределения b .

Показатель средней активности N_V^{AY} позволяет судить о достижении предельных нагрузок в горных породах краевой части массива. Показатель амплитудного распределения b характеризу-

ет неустойчивость процесса деформирования, нарастание количества импульсов высокой энергии и рассчитывается по формуле:

$$b = \lg \frac{N_{AЭ}^1}{N_{AЭ}^2} / \lg \frac{A_1}{A_2},$$

где b – соотношение числа акустических импульсов с разной амплитудой (энергией); A_1 и A_2 – пороги (уровни чувствительности прибора); $N_{AЭ}^1$ и $N_{AЭ}^2$ – интенсивность АЭ при различных порогах (уровнях чувствительности) прибора.

Процесс измерения заключается в последовательной регистрации акустических сигналов при различных порогах (уровнях чувствительности прибора) A_1 и A_2 . Нижний (более чувствительный) порог A_1 устанавливается таким образом, чтобы обеспечить прием импульсов АЭ в радиусе от 5 м от датчика при превышении уровня полезного сигнала АЭ над фоном акустических помех не менее чем на 10 дБ. Верхний (II) порог A_2 , используемый для регистрации импульсов с большей амплитудой, устанавливается так, чтобы выполнялось соотношение $A/A_1 > 2$. После регистрации и записи десяти значений $N_{AЭ}^1$ на I (нижнем) уровне чувствительности регулятор чувствительности прибора переключается в положение II и фиксируются следующие десять значений $N_{AЭ}^2$. Цикл повторяется до тех пор, пока общее чистое время наблюдения t не составит 5, 10 или 20 мин.

По данным n замеров $N_{AЭ}^1$ и $N_{AЭ}^2$ рассчитывают характерные значения интенсивности АЭ в виде среднеарифметического количества превышений порога A_1 за интервал времени, равного $N_{AЭ}^1 = \sum N_{AЭ}^1 / n$, и превышений порога A_2 равного $N_{AЭ}^2 = \sum N_{AЭ}^2 / n$.

Уменьшение b ($b < 1$) свидетельствует об увеличении доли импульсов с большей амплитудой, что характеризует повышенную удароопасность массива пород.

В табл. 2 приведены критерии удароопасности, установленные для условий месторождения Антей.

В ходе экспериментальных исследований в условиях Николаевского месторождения была проведена серия замеров длительностью по 5 минут. В каждом измерении фиксировалось количество сигналов акустической эмиссии в единицу времени и их амплитуда, затем выполняли анализ и обработку полученных данных с определением амплитудного распределения. Результаты одного из измерений приведены на рис. 3.

Таблица 2

Критерии удароопасности для месторождения «Антей», установленные с применением прибора «Сапфир 32»

№, № п/п	N_V^{AY}	b	Категория
Для руды и порфировидных трещиноватых гранитов			
1.	≥ 2.9	≤ 4	опасно
2.	< 2.9	любое	неопасно
3.	> 2.9	> 4	неопасно
Для других разновидностей гранитов			
1.	≥ 4	≤ 4	опасно
2.	< 4	любое	неопасно
3.	≥ 4	> 4	неопасно

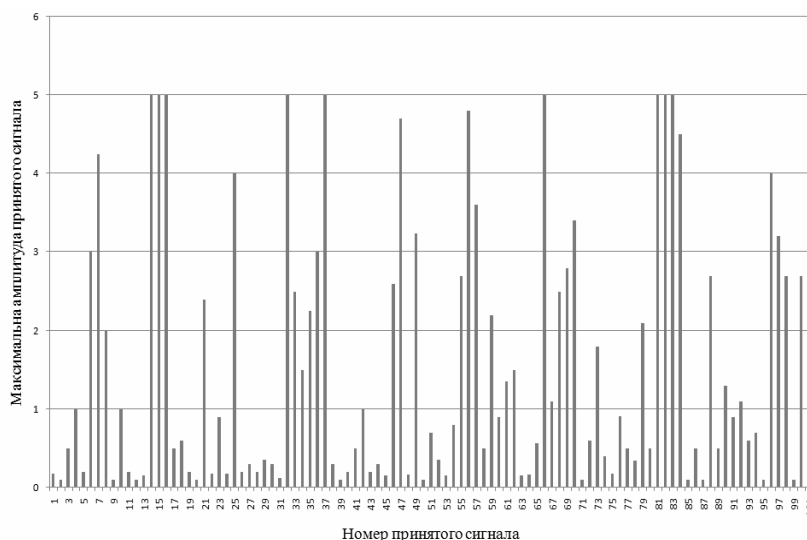


Рис. 3. Распределение максимальных амплитуд сигналов акустической эмиссии

Анализ представленной диаграммы показывает, что во время измерения был зарегистрирован 101 импульс акустической эмиссии, в том числе по первому каналу (N_1) – 67 импульсов, а по второму каналу (N_2) – 34 импульса. Таким образом, для интервала измерения 5 минут средняя активность N_{AE} составляет 3,35, а амплитудное распределение $b=1,97$. Полученные значения в соответствии с установленными критериями [5], дают основания для отнесения участка массива, в пределах которого проводились экспериментальные исследования, к категории **Опасно**.

Об опасности этого участка также свидетельствуют внешние признаки удароопасности в форме шелушения и динамического заколообразования.

Полученные результаты свидетельствуют о работоспособности прибора «*Prognoz L*», с помощью которого могут выполняться исследования удароопасности краевых частей массива горных пород.

Использование в приборе «*Prognoz L*» микропроцессорные технологии дают возможность более глубокой обработки параметров АЭ-сигналов и использования дополнительных показателей для повышения надежности прогнозных оценок состояния массива горных пород. Для изучения геомеханических процессов в массиве пород возможно применение спектрального анализа на основе Фурье преобразования периодических сигналов, Вейвлет-анализа и других методов обработки экспериментальных данных. Эти возможности планируется реализовать в процессе дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Рассказов И.Ю.* Контроль и управление горным давлением на рудниках Дальневосточного региона. М.: Издательство «Горная книга», 2008. 329 с.
2. *Вознесенский А.С.* Системы контроля геомеханических процессов.–М.: Изд-во МГГУ, 2002.–146 с.
3. *Повышение* эффективности подземной разработки рудных месторождений Сибири и Дальнего Востока / А.М. Фрейдин, В.А. Шалауров, А.А. Еременко и др. Новосибирск: Наука, СИФ, 1992.–177 с.
4. *Методические* указания по сейсмоакустическим и электромагнитным методам получения критериев степени удароопасности.–Л.: ВНИМИ, 1986. 32 с.
5. *Указания* по безопасному ведению горных работ на Николаевском и Южном месторождениях (ОАО «ГМК «Дальполиметалл»), опасных по горным ударам / И.Ю. Рассказов, Г.А. Курсакин, В.Н. Черноморцев, С.П. Осадчий и др. // Указания по ведению горных работ.–Хабаровск: ИГД ДВО РАН, 2008. 64 с.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Рассказов Игорь Юрьевич – доктор технических наук, директор, Институт горного дела ДВО РАН,

Мигунов Д.С. – научный сотрудник, Институт горного дела ДВО РАН,

Гладырь А.В. – старший научный сотрудник, Институт горного дела ДВО РАН,

Аникин П.А. – старший научный сотрудник,
Искра А.Ю. – старший научный сотрудник, Институт горного дела ДВО РАН,
Желнин Д.О. – старший инженер, Институт горного дела ДВО РАН,
Сидляр А.В. – аспирант, Институт горного дела ДВО РАН,
Макаров Владимир Владимирович — доктор технических наук, профессор, ДВФУ.

UDC 622.831.31

IMPROVEMENT OF HARDWARE OF LOCAL CONTROL OF BURST-HAZARD DURING MINING IN DIFFICULT MINING-GEOLOGICAL CONDITIONS

Rasskazov I.Yu., Doctor of technical Sciences, Director of the mining Institute, Feb RAS, Khabarovsk, Russia,

Migunov D.S., Research fellow of the Institute of mining, Feb RAS, Khabarovsk, Russia,

Gladys A.V., Senior researcher of the Institute of mining, Feb RAS, Khabarovsk, Russia,

Makarov V.V., Doctor of technical Sciences, Professor FEFU, Vladivostok, Russia,

Anikin P.A., Senior researcher of the Institute of mining, Feb RAS, Khabarovsk, Russia,

Iskra A.Yu., Senior researcher of the Institute of mining engineering, Feb RAS, Khabarovsk, Russia,

Zhelnin D.O., Senior engineer of the mining Institute, Feb RAS, Khabarovsk, Russia,

Sidlyar A.V., Postgraduate student of the Institute of mining, Feb RAS, Khabarovsk, Russia.

Issues connected with the development of the hardware of efficient local control of the burst-hazard during underground mining are considered in the article. Design philosophy of the developed new-generation portable device is described. This device aimed to assess massif condition by geoaoustic method; the results of its testing in Nikolaevskoe multimetallic burst-hazard deposit are given in the article.

Key words: Burst-hazard, rock massif, geoaoustic, portable device, prognosis.

REFERENCES

1. Rasskazov I.Ju. *Kontrol' i upravlenie gornym davleniem na rudnikah Dal'nevostochnogo regiona* (Control and management of rock pressure in mines of the Far-Eastern region). Moscow: Izdatel'stvo «Gornaja kniga», 2008, 329 p.
2. Voznesenskij A.S. *Sistemy kontrolja geomehanicheskikh processov* (System control geomechanical processes). Moscow: Izd-vo MGGU, 2002, 146 p.
3. *Povyshenie jeffektivnosti podzemnoj razrabotki rudnyh mestorozhdenij Sibiri i Dal'nego Vostoka* (Improving the efficiency of underground mining of ore deposits CB-ri and the Far East) / A.M. Frejdin, V.A. Shalaurov, A.A. Eremenko i dr. Novosibirsk: Nauka, SIF, 1992, 177 p.
4. *Metodicheskie ukazaniya po seismoakusticheskim i jelectromagnitnym metodam poluchenija kriteriev stepeni udaroopasnosti* (Guidelines on seismic and electromagnetic methods of obtaining the criteria of the degree of). Leningrad: VNIMI, 1986, 32 p.
5. *Ukazaniya po bezopasnomu vedeniju gornyh rabot na Nikolaevskom i Juzhnom mestorozhdenijah (OAO «GMK «Dal'polimetall»), opasnyh po gornym udaram* (Guidelines for safe mining operations at Nicholas and South IU-fields (OJSC «MMC «smelter»), dangerous mountain beats) / I.Ju. Ras-skazov, G.A. Kursakin, V.N. Chernomorcev, S.P. Osadchij i dr. // *Ukazaniya po vedeniju gor-nyh rabot.*—Habarovsk: IGD DVO RAN, 2008. 64 s.

АЛГОРИТМ ВЫДЕЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО УДАРООПАСНЫХ ЗОН В РАЗРАБАТЫВАЕМОМ МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Рассмотрен эффективный алгоритм обработки данных сейсмоакустического мониторинга, основанный на методах кластерного анализа и теории графов. Апробация алгоритма и разработанного для его реализации программного обеспечения в процессе геомеханического мониторинга на месторождении Антей, показала возможность эффективного выделения и идентификации очагов сейсмоакустических событий, формирующих область подготовки опасных динамических явлений.

Ключевые слова: горное давление, динамические проявления, геодинамический мониторинг, акустическая эмиссия, микросейсмика, деформации, кластерный анализ, алгоритмы.

В настоящее время, при подземной разработке месторождений твердых полезных ископаемых в сложных горногеологических условиях и на больших глубинах, особую актуальность приобретает проблема прогноза и предотвращения опасных динамических проявлений горного давления, приводящих в отдельных случаях к катастрофическим последствиям.

Одним из перспективных направлений предупреждения горных и горно-тектонических ударов является контроль геомеханического состояния удароопасного массива горных пород с применением автоматизированных систем контроля горного давления (АСКГД). Одним из современных измерительно-вычислительных комплексов является разработанная в ИГД ДВО РАН автоматизированная широкодиапазонная система геомеханического мониторинга, которая позволяет в непрерывном режиме в производственных условиях рудника регистрировать и сохранять в компьютерной базе данных оперативную многопараметрическую

информацию об геоакустических и микросейсмических событиях в контролируемой области горного массива [1—3]. По результатам пространственно-временного и спектрального анализа получаемых в процессе непрерывных наблюдений данных строят карты сейсмической и акустической активности массива горных пород с выделением потенциально удароопасных участков.

Отличительной особенностью данной системы являются цифровые способы обработки и передачи информации, развитые средства повышения надежности и отказоустойчивости, наличие собственных алгоритмов защиты от техногенных помех при работе в условиях горного предприятия. В настоящее время разработанная система успешно эксплуатируется на ряде подземных рудников Дальнего Востока России.

Исследованиями установлено, что акустические и микросейсмические события возникают в горных породах вследствие структурных изменений под действием механических напряжений и в результате появления и роста микротрещин разрушения. При этом согласно развиваемой теории прочности геоматериалов, процесс разрушения участков массива горных пород протекает в несколько стадий [4].

На начальной стадии нагружения в материале происходит хаотичное накопление дефектов (микротрещин), появление которых сопровождается излучением упругих импульсов, распространяющихся по всему объему твердого тела. На последующих стадиях наблюдается возникновение и слияние так называемых ансамблей (кластеров) близко расположенных трещин, в результате чего формируются более крупные разрывы. Переход разрушения в очаговую стадию характеризуется ускорением процесса накопления дефектов и нарушением стационарности. Заключительным этапом разрушения является бурный («лавинообразный») процесс прорастания трещин, завершающийся разупрочнением материала и преобразованием его потенциальной энергии в кинетическую (разлет осколков, выброс горной массы, подвижка породных блоков).

Исходя из вышеизложенного, начальным условием формирования очага разрушения является процесс образования кластеров микротрещин. Их своевременное обнаружение и идентификация позволяет прогнозировать возможные опасные проявления

горного давления. Для выделения и идентификации очагов подготовки динамических явлений возможно применение методов кластерного анализа, на основе которых в ИГД ДВО РАН разработаны алгоритм и программное обеспечение, позволяющие автоматизировать этот процесс.

В общем случае, кластеризация (или кластерный анализ) – это задача разбиения множества объектов на группы, называемые кластерами. Внутри каждой группы должны оказаться «похожие» объекты, а объекты разных группы должны быть как можно более различаться. Главное отличие кластеризации от классификации состоит в том, что перечень групп четко не задан и определяется в процессе работы алгоритма.

Применение кластерного анализа в общем виде сводится к следующим этапам [5]:

1. Отбор выборки объектов для кластеризации.
2. Определение множества переменных, по которым будут оцениваться объекты в выборке. При необходимости – нормализация значений переменных.
3. Вычисление значений меры сходства между объектами.
4. Применение метода кластерного анализа для создания групп сходных объектов (кластеров).
5. Представление результатов анализа.

После получения и анализа результатов возможна корректировка выбранной метрики и метода кластеризации до получения оптимального результата.

Алгоритм определения потенциально удароопасных участков (сейсмоакустически активных зон) относится к категории алгоритмов, основанных на теории графов. Суть таких алгоритмов заключается в том, что выборка объектов представляется в виде графа, вершинам которого соответствуют объекты, а ребра имеют вес, равный «расстоянию» между объектами. Достоинством графовых алгоритмов кластеризации являются наглядность, относительная простота реализации и возможность внесения различных усовершенствований, основанных на геометрических соображениях. Основными алгоритмами являются алгоритм выделения связных компонент, алгоритм построения минимального покрывающего (остовного) дерева и алгоритм послойной кластеризации [6].

В представленном алгоритме используется выделение связанных компонент для определения принадлежности рассматриваемых событий акустической эмиссии или микросейсмических событий к кластеру. В качестве исходных данных для формирования кластеров используется массив сейсмоакустических событий, при этом каждое событие обладает набором анализируемых свойств, к числу которых относятся: координаты (X, Y, Z) и энергия.

Алгоритм выделения в массиве и идентификации активных зон (очагов подготовки динамических явлений) заключается в следующем:

1. Пространство шахтного поля разбивается на кубы равного объема с длиной ребра L и подсчитывается число событий акустической эмиссии в каждом из них.

2. Находится куб с максимальным числом событий. Координаты точек, попавших в этот куб, усредняются и вокруг полученной средней точки строится шар радиуса R_0 (рис. 1).

3. Среди событий, попавших в построенную сферу находятся те, минимальное расстояние от которых до других событий в сфере меньше R (рис. 2). Обозначим количество найденных событий ρ .

4. Далее вычисляется «весовой» коэффициент каждого события, который определяется исходя из величины энергии данного АЭ-события с использованием предложенной в работе [7] зависимости:

$$K_i = 0,386\sqrt[3]{E},$$

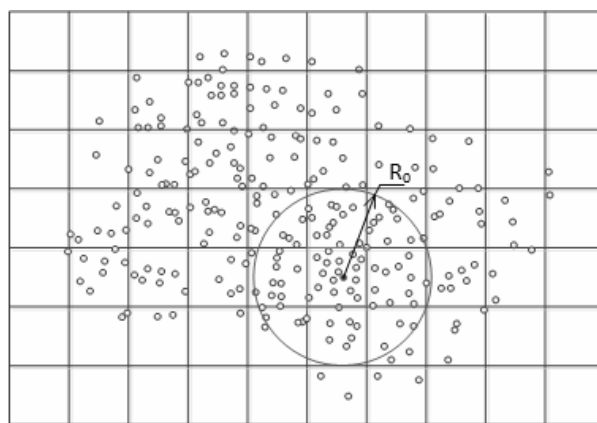


Рис. 1. Начальная стадия выделения активной зоны

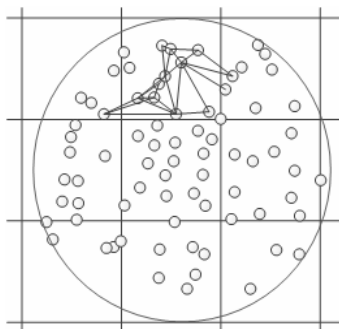


Рис. 2. Вычисление попарных расстояний между событиями

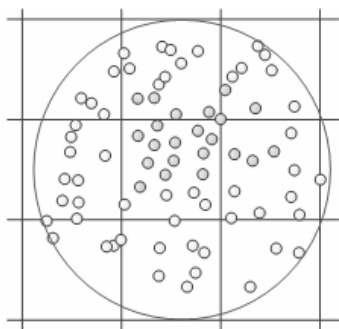


Рис. 3. Выделенные очаги СЭ-событий, формирующие кластер

где K_i – длина трещины (принимается как весовой коэффициент), м; E – энергия сейсмоакустического события, Дж.

5. Составляется матрица смежности (ноль-единица матрица) $A = \|a_{ij}\|$, при расчете которой учитываются расстояния между событиями и их энергетические характеристики:

– $a_{ij} = 1$, если расстояние между двумя событиями меньше $K_i + K_j$;

– $a_{ij} = 0$, если расстояние между двумя событиями больше или равно $K_i + K_j$.

6. Полученная матрица перемножается сама с собой некоторое количество раз (целая часть от $(\log 2\rho + 1)$ раз) при помощи минимаксного перемножения матриц: чтобы получить элемент ij , например, на 1 шаге, надо найти $\text{Max}[\text{Min}(a_{is}, a_{js}), s = 1, \dots, \rho]$.

7. В новой матрице удаляются повторяющиеся строки и находится строка с максимальной суммой элементов.

8. Сопоставляя элементы строки с исходными данными, определяем события, относящиеся к кластеру (рис. 3).

После выделения кластера осуществляется исключение событий вошедших в кластер из исходного набора данных. Далее, работа алгоритма продолжается итерационно начиная с п. 1. Критерием выхода из итерационных вычислений является заданное минимальное значение событий, формирующих кластер.

Недостатком описанного алгоритма является его экспоненциально возрастающая временная сложность с увеличением количества входных данных. Для оптимизации этого процесса воз-

можно использование алгоритма двойного дерева [8], который основан на одновременном прослеживании двух деревьев для определения области с наибольшей плотностью точек. Использование такого способа хранения и обработки данных позволяет отказаться от процедуры попарного вычисления расстояния между всеми точками данных и сразу исключить из рассмотрения точки, находящиеся в далеко отстоящих узлах построенного дерева.

Для реализации описанного алгоритма разработано программное обеспечение, позволяющее по результатам сейсмоакустического мониторинга выделять в шахтном поле области формирования очагов динамических явлений (потенциально удароопасные участки). Результаты мониторинга автоматизированной широкодиапазонной системы геомеханического мониторинга горного давления хранятся в единой базе данных, которая актуализируется в режиме реального времени, что позволяет вести непрерывный анализ изменения геомеханического состояния горного массива в режиме реального времени. Программа анализирует информацию за указанный промежуток времени и на ее основе проводит выделение потенциально удароопасных участков. Далее производится уточнение характеристик выделенных потенциально удароопасных участков, включая: определение объема сформированного участка, определение суммарной энергии событий и т.д.

На рис. 4 показан пример выделения кластеров из общего объема САЭ-событий, зарегистрированных на месторождении Антей в январе 2013 г.

Графический результат работы программы является полностью интерактивным и позволяет получить информацию по любому зарегистрированному событию при наведении на него курсора мыши. Программное обеспечение позволяет работать с 3D моделью месторождения (рис. 5), что позволяет визуально оценить размеры и местоположение найденных зон.

Апробация рассмотренного алгоритма и программного обеспечения в составе автоматизированной широкодиапазонной системы геомеханического мониторинга в условиях действующих удароопасных рудников дальневосточного региона показала их эффективность для оперативного выявления потенциально удароопасных участков горного массива на начальных стадиях подготовки опасных динамических проявлений горного давления.

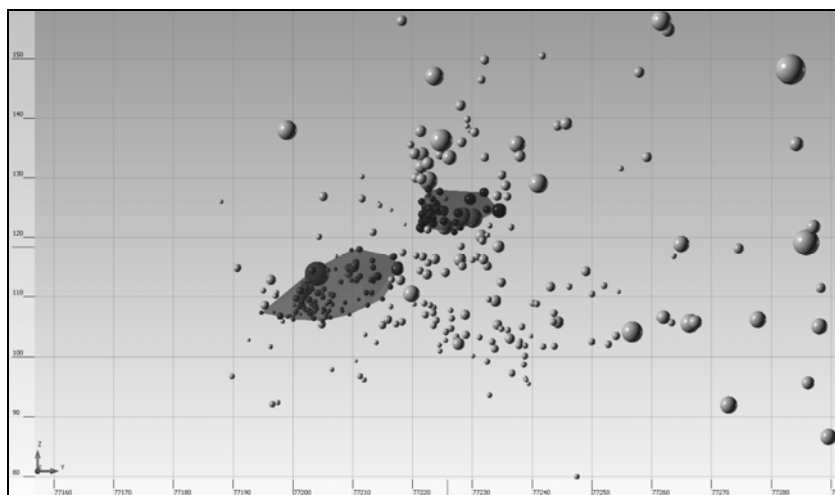


Рис. 4. Области кластеризации очагов САЭ-событий в массиве месторождения Антей

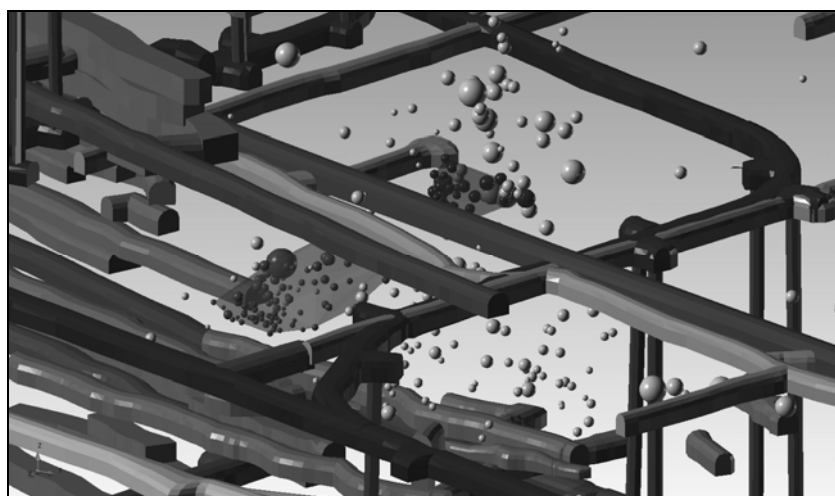


Рис. 5. Выделенные кластеры в объемной модели месторождения Антей

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гладырь А.В., Мигунов Д.С., Мирошников В.И., Луговой В.А. Проектирование системы геоакустического мониторинга нового поколения // Горный информационно-технический бюллетень. М.: Изд-во «Мир горной книги», 2010. – №9. – С. 101-108.
2. Гладырь А.В., Мирошников В.И., Болотин Ю.И., Александров А.В., Аникин П.А., Рассказов М.И. Техническое оснащение системы микросейсмического мониторинга нового поколения // Горный информационно-технический бюллетень. М.: Изд-во «Мир горной книги», 2012. – №5. – С. 174-180.
3. Рассказов И.Ю., Луговой В.А., Искра А.Ю., Барашиков И.А. Автоматизированная система геомеханического мониторинга подземных сооружений и горных конструкций при их эксплуатации // Технологии гражданской безопасности. – Том 7. – 2010. – № 3. – С. 92-96.
4. Грешников В.А., Дробот Ю.Б. Акустическая эмиссия. – М.: Изд-во стандартов, 1976. – 276 с.
5. Jain A., Murty M., Flynn P. Data Clustering: A Review. // ACM Computing Surveys. 1999. Vol. 31, no. 3.
6. Воронцов К.В. Алгоритмы кластеризации и многомерного шкалирования. Курс лекций. МГУ, 2007.
7. Сейсмичность при горных работах / А.А. Козырев, В.И. Панин, С.Н. Савченко и др. – Апатиты: Кольского научного центра РАН, 2002. – 325 с.
8. Дональд Кнут. Искусство программирования, том 1. Основные алгоритмы. – 3-е изд. – М.: «Вильямс», 2006. – 720 с.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Рассказов Игорь Юрьевич – доктор технических наук, директор, rasskazov@igd.khv.ru, Институт горного дела ДВО РАН,
Гладырь А. В. – старший научный сотрудник, rush3112@mail.ru, Институт горного дела ДВО РАН,
Аникин П.П. – старший научный сотрудник, Институт горного дела ДВО РАН,
Желнин Д.О. – старший инженер, Институт горного дела ДВО РАН,
Мирошников В. И. – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт горного дела ДВО РАН,
Макаров Владимир Владимирович — доктор технических наук, профессор Дальневосточного федерального университета (ДВФУ),
Цициашвили Гурами Шалвович – доктор физико-математических наук, заместитель директора Института прикладной математики ДВО РАН.

**THE ALGORITHM OF IDENTIFICATION OF POTENTIALLY
BURST-HAZARD AREAS IN A ROCK MASSIF BY THE RESULTS
OF SEISMOACOUSTIC MONITORING**

Rasskazov I.Ju., Doctor of technical Sciences, Director of the mining Institute, Feb RAS, Khabarovsk, rasskazov@igd.khv.ru, Russia,

Gladyr A.V., Senior researcher of the Institute of mining, Feb RAS, Khabarovsk, rush3112@mail.ru, Russia,

Makarov V.V., Doctor of technical Sciences, Director, Professor, Far Eastern Federal University (FEFU), Vladivostok, Russia,

Ciciashvili G.Sh., Doctor of physical-mathematical Sciences, Deputy Director of the Institute of applied mathematics, Feb RAS, Vladivostok, Russia,

Anikin P.A., Senior researcher of the Institute of mining, Feb RAS, Khabarovsk, Russia,

Zheltnin D.O., Senior engineer of the mining Institute, Feb RAS, Khabarovsk, Russia,

Miroshnikov V.I., Candidate of technical Sciences, senior researcher of the Institute of mining, Feb RAS, Khabarovsk, Russia.

The effective algorithm of processing of seismoacoustic monitoring data is presented in the article. It is based on cluster analysis method and graph theory. Testing of the algorithm and software, developed for its realization, in the Antey deposit revealed the possibility of the effective sorting out and identification of seismoacoustic emission events forming the area of hazard dynamical event development.

Key words: rock pressure, dynamic events, geodynamic monitoring, acoustic emission, microseismic, deformation, cluster analysis, algorithms.

REFERENCES

1. Gladyr' A.V., Migunov D.S., Miroshnikov V.I., Lugovoj V.A. *Proektirovanie sistemy geokusticheskogo monitoringa novogo pokolenija* (Design of the geoacoustic monitoring system of a new generation // Mining informational and analytical bulletin) // Gornyj informacionno-tehnicheskij bjulleten'. Moscow: Izd-vo «Mir gornoj knigi», 2010, No9, pp. 101-108.
2. Gladyr' A.V., Miroshnikov V.I., Bolotin Ju.I., Aleksandrov A.V., Anikin P.A., Rasskazov M.I. *Tekhnicheskoe osnashhenie sistemy mikrosejsmicheskogo monitoringa novogo pokolenija* (Technical equipment of the new generation microseismic monitoring system) // Gornyj informacionno-tehnicheskij bjulleten'. Moscow: Izd-vo «Mir gornoj knigi», 2012, No5, pp. 174-180.
3. Rasskazov I.Ju., Lugovoj V.A., Iskra A.Ju., Barashikov I.A. *Avtomatizirovannaja sistema geomechanicheskogo monitoringa podzemnyh sooruzhenij i gornyh konstrukcij pri ih jekspluatácii* (Automated system for geomechanical monitoring of underground structures and rock structures in their use) // Tehnologii grazhdanskoj bezopasnosti. Tom 7, 2010, No 3, pp. 92-96.
4. Greshnikov V.A., Drobot Ju.B. *Akusticheskaja jemissija* (Acoustic emission). Moscow: Izd-vo standartov, 1976, 276 p.
5. Jain A., Murty M., Flynn P. Data Clustering: *A Review* // ACM Computing Surveys. 1999. Vol. 31, No. 3.
6. Voroncov K.V. *Algoritmy klasterizacii i mnogomernogo shkalirovanija* (Clustering algorithms and multidimensional scaling. Course of lectures). Kurs lekcij. MGU, 2007.
7. Kozyrev A.A., Panin V.I., Savchenko S.N. i dr. *Sejsmichnost' pri gornyh rabotah* (Seismicity during mining), Apatity: Kol'skogo nauchnogo centra RAN, 2002, 325 p.
8. Donald Knut. *Iskusstvo programirovanija* (The Art of Computer Programming). Tom 1. Osnovnye algoritmy, 3-e izd. Moscow, «Vil'jams», 2006, 720 p.

СТРУКТУРА РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ КАРЬЕРНЫХ КОМБАЙНОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ИЗВЕСТНЯКОВ

Ужесточение экологических требований к ведению горных работ, приближение горных работ к населенным пунктам и объектам инфраструктуры, необходимость ведения селективной выемки при разработке сложно-структурных месторождений ограничивает использование буровзрывных работ для подготовки горных пород к выемке. В связи с этим все большее распространение получают механические способы разрушения горных пород. В России при разработке месторождений известняка широкое применение находят карьерные комбайны. В данной работе авторами проводится обработка массива экспериментальных данных по работе этих машин на отечественных карьерах с целью выявления структуры рабочего времени карьерных комбайнов различных марок, задействованных на известняковых месторождениях. Выявлены составляющие времени фрезерования и погрузки автосамосвалов, маневрирования комбайнов и замены автосамосвалов.

Ключевые слова: карьерный комбайн, автосамосвал, производительность, фрезерование, горная масса, загрузка, простои, маневрирование.

Введение. Технологии безвзрывной выемки полускальных и легко разрабатываемых скальных пород достаточно успешно внедряются на карьерах мира и России [1—3]. Отказ предприятий от применения буровзрывных работ для разупрочнения массива горных пород может быть связан со следующими причинами: ужесточением правил безопасности ведения работ и экологических требований, с приближением фронта работ к населенным пунктам или объектам инфраструктуры, необходимостью прекращения работ и отводу техники из карьера при проведении взрывов и др.

Значительное распространение на открытых горных работах получило оборудование для механического разрушения горных пород, которое по принципу работы можно разделить на машины циклического и непрерывного действия. Циклические машины

представлены тракторами с рыхлителями и одноковшовыми экскаваторами со сменным или модернизированным оборудованием в виде рыхлителей, гидромолотов, уменьшенных ковшей и ковшей с активными зубьями [1]. Машины непрерывного действия, предназначенные для разработки полускальных и скальных горных пород, представлены компактными роторными экскаваторами и карьерными комбайнами, применение данных машин позволяет внедрять на карьерах поточные схемы работ. Компактные роторные экскаваторы позволяют вести эффективную выемку плотных и легко разрабатываемых полускальных горных пород с прочностью на сжатие до 20-30 МПа, однако при разработке более прочных пород роторные экскаваторы становятся малоэффективными. Для разработки полускальных и легко разрабатываемых скальных пород с прочностью до 50-70 МПа и более применяются карьерные комбайны. Широкое распространение в России карьерные комбайны получили на разработке месторождений известняков.

Основная часть. К настоящему времени уже проведено значительно количество исследований по эксплуатации карьерных комбайнов на месторождениях известняков [4-8], в ходе которых проводились хронометражные наблюдения, измерения эксплуатационных параметров работы комбайнов, исследования фракционного состава добываемых известняков. В процессе хронометражных наблюдений фиксировались затраты времени на фрезерование и погрузку горной массы, на маневры комбайна, на обмен автосамосвалов под погрузкой, простои в ожидании самосвалов, время на заправку комбайнов топливом и водой, а также время на техническое обслуживание и ремонт комбайнов.

В данной работе авторы проводят обобщение данных [4-8] по эксплуатации шести карьерных комбайнов производства фирмы Wirtgen марок 2200 SM и 2500 SM, задействованных на разработке четырех месторождений, а именно: Мелехово-Федотовского, Сокольско-Систовского и Джегутинского месторождений известняков (Россия) и Добрянского месторождения известняков (Украина). Поскольку в результатах хронометражных исследований [4-8] даются разные составляющие эксплуатационного времени комбайна, имеющие либо отличные названия, либо объединяемые в один показатель или вообще не учитываю-

щиеся (в отдельных исследованиях), авторы данной статьи использовали только те хронометражные данные, которые относятся к рабочему времени комбайна и единообразно приводятся во всех упомянутых материалах. А именно: количество дней измерений, затраты времени на фрезерование и погрузку T_{Φ} , на обмен автосамосвалов T_O , на маневры комбайна T_M . В табл. 1 также приведены обобщенные данные по затратам времени за все дни испытаний карьерного комбайна.

Рабочее время комбайна определялось по формуле:

$$T_P = T_{\Phi} + T_O + T_M .$$

Результаты группируются по маркам комбайнов, соответственно Wirtgen 2200 SM и Wirtgen 2500 SM, так же были получены суммарные результаты комбайнов данной марки при работе на различных месторождениях.

Эксплуатационные параметры работы карьерных комбайнов за время исследований [4-8] включают: количество погруженных автосамосвалов N , объем отгруженной горной массы – Q в тоннах и количество маневров карьерного комбайна по рабочей площадке – M (табл. 2).

Таблица 1

Обобщенные результаты хронометражных измерений рабочего времени карьерных комбайнов на месторождениях известняков

Месторождение	Кол-во дней измере- ний	Затраты времени, мин			Рабочее время, Т _р , мин
		на фрезе- рование и погрузку, Т _ф	на обмен автосамо- свалов, Т _о	на манев- ры ком- байна, Т _м	
Карьерный комбайн Wirtgen 2200 SM					
Мелехово-Федотовское	5	895,4	110,8	151,9	1158,1
Сокольско-Систовское	7	1897,6	163,2	386,5	2447,3
Добрянское	9	1081,4	123,3	303,4	1508,1
Всего:	21	3874,4	397,3	841,8	5113,5
Карьерный комбайн Wirtgen 2500 SM					
Сокольско-Систовское (комбайн №13)	3	435,9	75,9	59,3	571,1
Сокольско-Систовское (комбайн №27)	3	392,6	69,5	50,8	512,9
Джегутинское	8	805,3	126,9	173,9	1106,1
Всего:	14	1633,8	272,3	284,0	2190,1

Таблица 2

**Обобщение результатов работы карьерных комбайнов
на месторождениях известняков**

Месторождение	Кол-во. погружен- ных само- свалов N, ед	Объем от- груженной горной массы Q, т	Кол-во. маневров комбайна M, ед.	Техниче- ская про- изводи- тельность комбайна П _т , т/ч	Средний объем горной массы в самосвале Q _а , т
Карьерный комбайн Wirtgen 2200 SM					
Мелехово-Федотовское	211	5697	24	381,8	27,0
Сокольско-Систовское	415	10542	75	333,3	25,4
Добрянское	243	7473	75	414,6	30,8
Всего:	869	23712	174	367,2	27,3
Карьерный комбайн Wirtgen 2500 SM					
Сокольско-Систовское (комбайн №13)	114	3638	4	500,6	31,9
Сокольско-Систовское (комбайн №27)	99	3371	5	515,2	34,1
Джегутинское	210	7347	20	547,4	35,0
Всего:	423	14356	29	527,2	33,9

Проведено обобщение эксплуатационных параметров карьерных комбайнов по их маркам. Техническая производительность карьерного комбайна и средний объем горной массы, загружаемой в автосамосвалы, за все время проведения испытаний определялись по формулам:

$$P_T = \frac{Q}{T_\phi}, \quad Q_A = \frac{Q}{N}.$$

После определения эксплуатационных показателей испытаний для каждого месторождения, определялись средние эксплуатационные показатели для группы месторождений разрабатываемых комбайном определенной марки. Так техническая производительность комбайна Wirtgen 2200 SM варьировалась в пределах от 333,3 до 414,6 т/ч, в среднем составляя 367,2 т/ч. Техническая производительность комбайна Wirtgen 2500 SM варьировалась в пределах от 500,6 до 547,4 т/ч, в среднем составляя 527,2 т/ч. Таким образом, комбайн Wirtgen 2500 SM имеет производительность почти на 44 % больше чем комбайн Wirtgen 2200 SM. На

перевозке вынутой комбайном горной массы, в основном использовались карьерные автосамосвалы БелАЗ, грузоподъемностью 30, 40, 42 и 45 тонн. Средний объем горной массы в автосамосвале (т) составлял от 80 до 92 % грузоподъемности используемого автосамосвала.

По данным табл. 1 определены удельные результаты хронометражных измерений времени работы комбайнов на месторождениях известняков (табл. 3).

Затраты времени на фрезерование горной массы и погрузку одного автосамосвала и их относительная доля в рабочем времени определялись по формулам:

$$T_{\phi A} = \frac{T_{\phi}}{N}, \quad D_{\phi A} = \frac{T_{\phi}}{T_p}.$$

Таблица 3

Удельные результаты хронометражных измерений времени работы карьерных комбайнов на месторождениях известняков

Месторождение	Удельные затраты времени и их относительная доля						
	на фрезерование и погрузку		на обмен автосамосвалов			на маневры комбайна	
	T _{фл} , мин	D _{фл} , %	T _{оа} , мин	D _{оа} , %	D _{оаф} , %	T _{мк} , мин	D _{мк} , %
Карьерный комбайн Wirtgen 2200 SM							
Мелехово-Федотовское	4,24	77,3	0,53	9,6	12,4	6,33	13,1
Сокольско-Систовское	4,57	77,5	0,39	6,7	8,6	5,15	15,8
Добрянское	4,45	71,7	0,51	8,2	11,4	4,05	20,1
Средний показатель:	4,46	75,8	0,46	7,8	10,3	4,84	16,4
Карьерный комбайн Wirtgen 2500 SM							
Сокольско-Систовское (комб. №13)	3,82	76,3	0,67	13,3	17,4	14,83	10,4
Сокольско-Систовское (комб. №27)	3,97	76,5	0,70	13,5	17,7	10,16	10,0
Джегутинское	3,83	72,8	0,60	11,5	15,8	8,70	15,7
Средний показатель:	3,86	74,6	0,64	12,4	16,7	9,79	13,0

Затраты времени на загрузку одного автосамосвала карьерным комбайном Wirtgen 2200 SM составляют в среднем 4,46 мин, а при загрузке автосамосвалов комбайном Wirtgen 2500 SM – в среднем 3,86 мин. Такое незначительное отличие времени загрузки автосамосвалов комбайнами с разной производительностью можно объяснить тем, что при работе с комбайном Wirtgen 2500 SM средний объем горной массы перевозимой в каждом из автосамосвалов был выше — 33,9 тонн против 27,3 тонн при загрузке комбайном Wirtgen 2200 SM. Доля времени фрезерования и погрузки на разных предприятиях варьируется незначительно – от 71,7 до 77,5 % от общего времени.

Затраты времени на обмен одного автосамосвала и их относительная доля в рабочем времени определялись по формулам:

$$T_{OA} = \frac{T_O}{N}, \quad D_{OA} = \frac{T_O}{T_p}.$$

Время на обмен одного автосамосвала под погрузкой по хронометражам различных исследований значительно варьируется от 0,39 до 0,70 мин, в среднем составляя 0,5-0,6 мин. В связи с этим доля времени на обмен автосамосвалов в общем времени также значительно варьируется – от 6,7 до 13,5 %. Большие удельные и относительные затраты времени при обмене автосамосвалов под погрузкой для комбайнов Wirtgen 2500 SM можно объяснить тем, что более крупные автосамосвалы затрачивают несколько большее время на маневрирование, а также тем, что комбайн Wirtgen 2500 SM имеет большую производительность и автосамосвалы чаще меняются под загрузку.

Также были определены относительная доля затрат времени на обмен автосамосвалов по отношению к времени затрачиваемому на фрезерование горной массы и погрузку автосамосвалов:

$$D_{OA\Phi} = \frac{T_O}{T_\Phi}.$$

Относительная доля затрат времени на обмен автосамосвалов по отношению к времени затрачиваемому на фрезерование горной массы и погрузку автосамосвалов варьируется в пределах от 8,6 до 17,7 %, для комбайнов Wirtgen 2500 SM в среднем составляя 16,7 %. Следовательно, в случае исключения простоев комбайнов при обмене автосамосвалов под загрузкой (путем от-

грузки горной массы в штабель или подвижный перегрузочный бункер) можно значительно – на 15-17 % увеличить производительность карьерного комбайна Wirtgen 2500 SM, в случае работы с менее прочными породами, когда производительность комбайна будет выше, этот эффект будет еще большим.

Затраты времени на каждый маневр комбайна на рабочей площадке и их относительная доля в рабочем времени определялись по формулам:

$$T_{MK} = \frac{T_M}{N}, \quad D_{MK} = \frac{T_M}{T_P}.$$

Время на маневр карьерного комбайна в значительной степени зависит от его размеров, так у комбайна Wirtgen 2200 SM среднее время на один маневр составило 4,84 мин, а у комбайна Wirtgen 2500 SM – 9,79 мин. В тоже время относительная доля в общих затратах времени у комбайна Wirtgen 2500 SM оказалась ниже (в среднем 13 %), чем у комбайна Wirtgen 2200 SM (в среднем 16,4 %), это можно объяснить тем, что комбайны Wirtgen 2500 SM, в связи с тем, что разрабатывали более протяженные по длине полосы и делали меньшее количество маневров.

Выводы. Проведенный анализ хронометражных наблюдений по затратам времени на производительную работу различных карьерных комбайнов на ряде месторождений карбонатных пород позволил получить некоторые обобщенные данные, которые можно использовать при технико-экономических расчетах комбайновой технологии разработки месторождений известняков и прогнозировании производительности комбайнов. В частности доля времени, затрачиваемая на фрезерование горной массы и погрузку автосамосвалов, может приниматься равной 0,72-0,77, при этом большую величину необходимо принимать при значительной длине рабочей площадке обрабатываемой комбайном.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чебан, А.Ю. Использование горного оборудования для механического разрушения скальных и полускальных пород / А.Ю. Чебан, Н.П. Хрунина // Горная промышленность. — 2014. № 2. — С. 104-107.
2. Чебан, А.Ю. Применение фрезерных комбайнов в строительстве и на добыче строительных материалов / А.Ю. Чебан // Вестник Тихоокеанского государственного университета. — 2012. — № 3. — С. 105-108.

3. Чебан, А.Ю. О целесообразности внедрения послойно-полосовых технологий при разработке месторождений цементного сырья в Дальневосточном регионе / А.Ю. Чебан // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. — № 10. С. 53-58.

4. Пихлер, М. Ввод в эксплуатацию комбайна Wirtgen 2200 SM на ОАО «Ковровское карьероуправление» / М. Пихлер, А.А. Филиппов, Ю.Б. Панкевич, М.Ю. Панкевич // Горная промышленность. – 2013. — № 2. – С. 110-116.

5. Пихлер, М. Испытания безвзрывной тонкослоевой технологии добычных работ на Сокольско-Систовском карьере известняка / М. Пихлер, В.А. Гуськов, О.А. Галигузов, Ю.Б. Панкевич, М.Ю. Панкевич // Горная промышленность. – 2006. — №2. – С. 23-26.

6. Пихлер, М. Горный комбайн Wirtgen 2200SM на Николаевском цементном заводе / М. Пихлер, И.И. Огоновский, Ю.Б. Панкевич, М.Ю. Панкевич, А. Иль // Горная промышленность. – 2008. — № 6. – С. 48-52.

7. Пихлер, М. Комбайны Wirtgen 2500 SM на карьерах Липецкого карьероуправления ОАО «Липецкцемент» / М. Пихлер., В.А. Гуськов, Ю.Б. Панкевич, О.А. Галигузов, А.М. Галигузов // Горная промышленность. – 2008. — № 4. – С. 26-30.

8. Пихлер, М. Расширение производства – фактор, стимулирующий применение новой горной техники / М. Пихлер, В.А. Гуськов, Ю.Б. Панкевич, Ю.Н. Иванов // Горная промышленность. – 2008. — № 2. – С. 93-96.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Чебан Антон Юрьевич — кандидат технических наук, научный сотрудник, Chebanay@mail.ru;

Секисов Геннадий Валентинович — доктор технических наук, заведующий лабораторией, sekisov@mail.ru;

Хрунина Наталья Петровна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, npetx@mail.ru;

Институт горного дела Дальневосточного отделения Российской академии наук,
Угай Сергей Максимович – кандидат технических наук, докторант, usm64@mail.ru

Жуков Анатолий Васильевич, доктор технических наук, профессор, Дальневосточный федеральный университет.

UDC 622.355

OPERATING TIME STRUCTURE OF SURFACE MINERS AT LIMESTONE FIELDS DEVELOPMENT

Cheban A.Yu., candidate of technical Sciences, researcher, Chebanay@mail.ru, The mining Institute of the far Eastern branch of Russian Academy of Sciences, Russia,

Sekisov G.V., doctor of technical Sciences, head of laboratory, sekisov@mail.ru, The mining Institute of the far Eastern branch of Russian Academy of Sciences, Russia,
 Khrunina N.P., candidate of technical Sciences, senior researcher, npetx@mail.ru, The mining Institute of the far Eastern branch of Russian Academy of Sciences, Russia,
 Ugay S.M., candidate of technical Sciences, doctoral candidate, usm64@mail.ru, Far Eastern Federal University, Russia.
 Zhukov A.V., doctor of technical Sciences, Professor, Far Eastern Federal University, Russia.

Stricter environmental requirements of mining operations, mining approach to human settlements and infrastructure restricts the use of blasting to prepare rocks for excavation. In this connection, all the more common methods of mechanical rock destruction. In Russia, the development of limestone deposits are widely used career harvesters. In this paper, the authors carried out processing of experimental data on these machines work on domestic quarries in order to identify patterns of working time career combines different brands involved on limestone deposits. Identified components of milling time and loading dump trucks, combines and maneuvering replacement trucks.

Key words. Miner, dump truck, performance, milling, rock mass, loading, downtime, maneuvering.

REFERENCES

1. Cheban A.Ju., Hrunina N.P. *Ispol'zovanie gornogo oborudovanija dlja mehanicheskogo razrushenija skal'nyh i poluskal'nyh porod* (Use of mining equipment for mechanical destruction of rocky and semi-bedrocks), *Gornaja promyshlennost'*, 2014, No 2, pp. 104-107.
2. Cheban, A.Ju. *Primenenie frezernyh kombajnov v stroitel'stve i na dobyche stroitel'nyh materialov* (Application milling harvesters in the construction and production of building materials), *Vestnik Tihookeanskogo gosudarstvennogo universiteta*, 2012, No 3, pp. 105-108.
3. Cheban, A.Ju. *O celesoobraznosti vnedrenija poslojno-polosovyh tehnologij pri razrabotke mestorozhdenij cementnogo syr'ja v Dal'nevostochnom regione* (About the viability of implementing layer-by-layer bandpass technologies in the development of deposits of cement raw materials in the far-Eastern region), *Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten'*, 2013, No 10, pp. 53-58.
4. Pihler M., Filippov A.A., Pankevich Ju.B., Pankevich M.Ju. *Vvod v jekspluataciju kombajna Wirtgen 2200 SM na OAO «Kovrovskoe kar'eroupravlenie»* (Commissioning combine Wirtgen 2200 SM on the Kovrov pit"), *Gornaja promyshlennost'*, 2013, No 2, pp. 110-116.
5. Pihler M., Gus'kov V.A., Galiguzov O.A., Pankevich Ju.B., Pankevich M.Ju. *Ispytanija bezvzryvnoj tonkosloevoj tehnologii dobychnyh rabot na Sokol'sko-Sistovskom kar'ere izvestnjaka* (Testing the nonexplosive Tonkolili technology of mining on Sokolska-Sitescom career limestone), Moscow, , *Gornaja promyshlennost'*, 2006, No 2, pp. 23-26.
6. Pihler M., Ogonovskij I.I., Pankevich Ju.B., Pankevich M.Ju., Il' A. *Gornyj kombajn Wirtgen 2200SM na Nikolaevskom cementnom zavode* (Mining miner Wirtgen 2200SM on the Mykolaiv cement plant), *Gornaja promyshlennost'*, 2008, No 6, pp. 48-52.
7. Pihler M., Gus'kov V.A., Pankevich Ju.B., Galiguzov O.A., Galiguzov A.M. *Kombajny Wirtgen 2500 SM na kar'erah Lipeckogo kar'eroupravlenija OAO «Lipeckcement»* (Harvesters Wirtgen 2500 SM open pit administration of the Lipetsk JSC "Lipetskcombank"), *Gornaja promyshlennost'*, 2008, No 4, pp. 26-30.
8. Pihler M., Gus'kov V.A., Pankevich Ju.B., Ivanov Ju.N. *Rasshirenie proizvodstva – faktor, stimulirujushij primenenie novoj gornoj tehniki* (Production Expansion factor, stimulating the use of new mining equipment), *Gornaja promyshlennost'*, 2008, No 2, pp. 93-96.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПАРОВОДЯНОГО ТЕЧЕНИЯ В ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ В ЗОНЕ ПИТАНИЯ

Представлена математическая модель WELL-4G для расчета пароводяного течения в геотермальной скважине в зоне питания. Модель предполагает изменение массового расхода смеси по длине ствола скважины. Приведены уравнения неразрывности, движения и энергии, учитывающие эффект изменяющейся массы потока, являющиеся основой модели. Также приведены ключевые зависимости. Представленная модель реализована в виде компьютерной программы, предназначенной для расчета параметров вверх по потоку (вниз от верхней границы зоны питания). Модель может быть использована для объяснения нетипичного поведения скважин и быть основой для разработки технологических решений по их эксплуатации. Ключевые слова: математическая модель, скважина, зона питания, месторождение парогидротерм, пароводяная смесь, массовый расход.

Глубинное тепло Земли активно используется для обеспечения работы геотермальных электростанций [1]. Источником теплоносителя российских геотермальных электростанций, как и большинства аналогичных станций мира, являются месторождения парогидротерм. Одна из ключевых задач при освоении месторождений парогидротерм заключается в моделировании потоков в добычных скважинах, используемом для определения давления и температуры в геотермальном резервуаре и для прогноза эксплуатационных параметров добычных скважин. Подробный обзор методов и существующих моделей для описания течений в пароводяных скважинах представлен в [2]. При наличии большого числа разработанных моделей все они предполагают неизменность массового расхода теплоносителя от глубины. В некоторых случаях, например, в модели HOLA [3], учитывается дискретное изменение расхода от одной питающей зоны к другой, но сама гидродинамическая постановка задачи содержит положение о постоянстве расхода. Отметим, что модель HOLA

наиболее популярна в настоящее время [4, 5]. Таким образом, на вопрос о том, как меняются параметры потока в зоне питания, ни одна из существующих моделей не может дать ответа. В настоящей работе разработана математическая модель пароводяного течения в скважине, предполагающая изменение массового расхода смеси по длине канала.

Следует обратить внимание на отличие отечественного и зарубежного подходов к испытанию скважин. Зарубежный подход предполагает отдельное испытание каждой продуктивной зоны, вскрываемой скважиной. В отечественной практике, учитывая отсутствие необходимого оборудования, испытанию подвергаются все зоны сразу. В результате, в отечественной практике математические модели разрабатывались исключительно для участка, находящегося выше верхней границы зон водопротоков, ниже которой имеется неопределенность расхода. Некоторые западные модели предполагают скачкообразные изменения расхода при прохождении продуктивных зон, не рассматривая течение в самой зоне. Вместе с тем при течении с изменяющимся расходом можно ожидать необычные эффекты, связанные с действием реактивных сил, вызываемых присоединением массы. В результате могут возникать аномально высокие градиенты давления, вызывающие быстрое снижение скоростей в потоке, рост гравитационной составляющей и формирование в нижней части питающих зон участков с однофазной жидкостью («водяных стаканов»).

Описание пароводяного течения в настоящей работе осуществляется на базе модели WELL-4 [6] с внесением соответствующих корректировок. Заметим, сопоставление расчетов по данной модели с экспериментальными данными показало лучшее согласование по сравнению с моделью HOLA [6]. Модель WELL-4 основана на одномерных стационарных уравнениях неразрывности, движения и энергии, и предполагает различие скоростей фаз.

Ориентируясь на отечественный подход, в настоящей работе питание скважины моделируется одной зоной, распространяющейся от верхней границы зон питания до их нижней границы. Не имея возможности конкретизировать функцию изменения расхода с глубиной, принято простейшее линейное изменение расхода. Таким образом, для уравнения неразрывности имеем

$$dG = \frac{G}{L} dz, \quad (1)$$

где G – массовый расход смеси, z – направленная вверх координата вдоль оси трубы, L – толщина зоны питания.

Уравнение движения модели WELL-4 дополняется членом, отвечающим за изменение расхода смеси (последний член левой части)

$$\begin{aligned} \rho'' \phi v'' dv'' + \rho'(1-\phi) v' dv' + \frac{(v''-v')}{\pi R^2} G dx + \\ + \frac{(v''x + v'(1-x))}{\pi R^2} dG = -dp - \frac{2\tau}{R} dz - \rho g dz, \end{aligned} \quad (2)$$

где ρ'' , ρ' и ρ – плотности пара, воды и смеси, ϕ – истинное объемное паросодержание, v'' и v' – скорости пара и воды, p – давление, R – радиус скважины, τ – касательное напряжение на стенке, g – ускорение свободного падения.

Уравнение энергии в данном случае имеет дополнительную составляющую в изменении кинетической энергии (последний член левой части)

$$dh + g dz + de + e \frac{dG}{G} = dq, \quad (3)$$

где h – удельная энтальпия смеси, e – удельная кинетическая энергия, dq – изменение удельной энергии за счет теплового потока от стенок.

Остальные положения, критерии и формулы разработанной модели идентичны модели WELL-4. Остановимся на ключевых положениях, критериях и формулах указанных моделей. В них предполагается возможность реализации трех режимов двухфазного течения: с малым паросодержанием, переходной и с большим паросодержанием. К первому режиму относятся структуры с непрерывной жидкой фазой (пузырьковая, снарядная и т.д.), к последнему – с непрерывной газовой фазой (общей структурой данного режима может считаться дисперсно-кольцевая).

Существование дисперсно-кольцевой структуры требует выполнения двух условий: паросодержание должно быть достаточным для формирования ядра потока; скорость в ядре должна быть

достаточной для удержания жидкой пленки на стенке. Формализация данных условий осуществляется соотношениями:

$$\beta > 0.8, \quad (4)$$

$$\frac{\rho'' w^2}{g(\rho' - \rho'')2R} > 1, \quad (5)$$

где β – объемное расходное паросодержание, w – приведенная скорость смеси, определяемая также как скорость, соответствующая гомогенной модели.

Переходным считается режим, в котором не достигнуты указанные условия, но скорость пара достигла критической скорости движения насыщенной воды, т.е. на структуру потока начинает влиять локальная критичность.

Принципиальными вопросами при описании газожидкостных течений является выбор формул, определяющих истинную скорость одной из фаз или коэффициент скольжения (отношение скоростей газа и жидкости) и касательного напряжения на стенке трубы. Для определения коэффициента скольжения при дисперсно-кольцевом течении используется формула

$$s = 1 + \frac{13.5(1 - p/p^*)(1 - \dot{I}^2)}{Fr^{5/12} Re^{1/6}}, \quad (6)$$

где s – коэффициент скольжения, p^* – давление в критической точке ($22.115 \cdot 10^6$ Па), Fr , Re и M – числа Фруда, Рейнольдса и Маха.

Для определения скорости пара при течении с малым паросодержанием используется формула

$$v'' = 1.2w + 0.35\sqrt{2gR(1 - \rho''/\rho')}. \quad (7)$$

Скорость пара в переходном режиме определяется формулой

$$v'' = w + v_c(1 - w/v_s), \quad (8)$$

где v_c – критическая скорость движения насыщенной воды, v_s – скорость пара, определяемая формулой (7).

Определение касательного напряжения для всех режимов осуществляется по формуле

$$\tau_w = \xi(\rho'' v''^2 \phi + \rho' v'^2 (1 - \phi))/8, \quad (9)$$

где ξ – коэффициент трения.

Для определения изменения удельной энергии потока используется формула

$$dq = \frac{-\Delta T(z) 2\pi\lambda}{G \ln(1 + \sqrt{\pi a t / R^2})}, \quad (10)$$

где $\Delta T(z)$ – разность текущей температуры теплоносителя и начальной температуры в массиве горных пород, λ – коэффициент теплопроводности окружающих пород, a – коэффициент температуропроводности окружающих пород, t – время с начала пуска скважины.

Уравнения, соотношения и формулы (1) – (10), наряду с другими известными формулами, связывающими параметры газожидкостного течения в двухскоростной модели [2], составили новую математическую модель, описывающую течение с изменяющимся по направлению движения массовым расходом смеси, получившую название WELL-4G. Отметим, что в случае нелинейности изменения расхода с глубиной в питающей зоне, в модель вместо (1) может быть введена другая зависимость без изменения остальной части.

Данная модель была реализована в компьютерной модели, предназначенной для расчета параметров вверх по потоку (вниз от верхней границы зоны питания). При этом использовалась та же схема, что и при реализации модели WELL-4, за исключением небольшого изменения блока входных данных. В новой модели в качестве одной из исходных величин используется удельная текущая энтальпия смеси. В предшествующей модели в качестве вводимой исходной величины использовалась удельная энтальпия заторможенного потока смеси, что требовало дополнительного блока для расчета текущей энтальпии.

Новую модель логично использовать в комплексе с предшествующей моделью: от устья скважины до верхней границы зон питания расчет осуществляется по модели WELL-4, ниже – по модели WELL-4G. Для верхней части могут быть использованы и другие модели. Важно отметить, что теперь существует модель, способная описывать течение в стволе пароводяной скважины в зоне ее питания.

В настоящее время трудно предположить, насколько значимый вклад в исследования и освоение месторождений парогидро-

терм внесет разработанная модель, удастся ли ей решать практические задачи, наподобие модели WELL-4 [7]. Первые расчеты для типовых скважин Мутновского месторождения парогидротерм не показали наличие однофазной жидкости в нижней части зоны питания. Однако, это не исключает возможность обнаружения данного явления в скважинах Паужетского месторождения и низкодебитных скважинах Мутновского месторождения.

Определение профиля давления в стволе скважины, вскрывающей питающую зону, позволит в дальнейшем исследовать фильтрационные потоки в призабойной зоне, оказывающие существенное влияние на производительность скважин. Это в дальнейшем может использоваться для объяснения нетипичного поведения ряда скважин, например, пульсационного режима работы при низких давлениях, и быть основой для разработки технологических решений по эксплуатации таких скважин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Bertani R. Geothermal power generation in the World 2005–2010. Update report // Proceedings, World Geothermal Congress 2010. – Bali, Indonesia, 2010.
2. Шулюпин А.Н. Вопросы гидравлики пароводяной смеси при освоении геотермальных месторождений. Владивосток: Дальнаука, 2011. – 262 с.
3. Bjornsson G. A multy-feedzone geothermal wellbore simulator. Report LBL-23546. Lawrence Berkeley Laboratory, 1987. 117 p.
4. Кирюхин А.В., Асаулова Н.П., Манухин Ю.Ф., Рычка Т.В., Сугробов В.М. Использование численного моделирования для оценки эксплуатационных запасов месторождений парогидротерм (на примере Паужетского геотермального месторождения) // Вулканология и сейсмология. – 2010. – № 1. – С. 56–76.
5. Elmi D., Axelsson G. Application of a transient wellbore simulator to wells HE) and YE-20 in the Hellisheidi geothermal system, SW-Island // Proceedings, 34-th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering. Stanford University, 2009, SGP-TR-187.
6. Шулюпин А.Н., Чермошеница А.А. О расчете пароводяного течения в геотермальной скважине // Журнал технической физики. 2013. – Т. 83. № 8. – С. 14–19.
7. Чернев И.И., Шулюпин А.Н. Изменение конструкции как способ повышения производительности добычных скважин парогидротермальных месторождений // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. – Отд. Вып. 4. – С. 103–107.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Шулюпин Александр Николаевич – доктор технических наук, заместитель директора по научной и инновационной работе Института горного дела ДВО РАН, ans714@mail.ru,

Чермошенцева Алла Анатольевна – кандидат технических наук, доцент кафедры высшей математики, Камчатский государственный технический университет, allachermoshentseva@mail.ru,

Мирзаханов Гаджи Сиражудинович – доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Института горного дела ДВО РАН,

Васянович Юрий Анатольевич – доктор технических наук, профессор Дальневосточного федерального университета.

UDC 622.997:532.529

MATHEMATICAL MODEL OF STEAM-WATER FLOW IN GETERMAL WELL IN THE FEEDZONE

Shulyupin Aleksandr Nikolaevich, Doctor of the technical sciences, Deputy Director on scientific and innovation activities, Mining Institute of the Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, ans714@mail.ru, Russia,

Chermoshentseva A.A., candidate of technical Sciences, assistant Professor, Department of mathematics, Kamchatka state technical University (Kamchatgtu), Petropavlovsk-Kamchatsky, allachermoshentseva@mail.ru, Russia,

Mirzehanov G.S., doctor of geological-mineralogical Sciences, chief researcher of the Institute of mining, Feb RAS, Khabarovsk, Russia,

Vasyanovich Yu.A., doctor of technical Sciences, Professor, far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia.

A mathematical model of WELL-4G to calculate steam-water flow in geothermal well in the area of feedzone is presented. The model involves changing the mass flow-rate of the mixture along the length of the well. Equations of continuity, movement and energy are presented which constitute the basis of the model. The equations taking into account the effect of the mass flow changing. Also lists the key relationships. The presented model is implemented as a computer program designed to calculate the parameters of the up-stream (down from the top of the feed-zone). Model can be used to explain the unusual behavior of wells and be the basis for the development of technological solutions for their exploitation.

Key words: mathematical model, well, feedzone, geothermal field, steam-water mixture, mass flow-rate.

REFERENCES

1. Bertani R. Geothermal power generation in the World 2005–2010. Update report // Proceedings, World Geothermal Congress 2010, Bali, Indonesia, 2010.
2. Shulyupin A.N. *Voprosi gidravliki parovodyanoi smesi pri osvoenii geotermalnih mestorozhdeniy* (Questions of steam-water mixture hydraulics at development of geothermal fields). Vladivostok: Dalnauka, 2011, 262 p.
3. Bjornsson G. A multy-feedzone geothermal wellbore simulator. Report LBL-23546. Lawrence Berkeley Laboratory, 1987. 117 p.
4. Kiryukhin A. V., Asaulova N. P., Manukhin Yu. F., Rychkova T. V., Sugrobov V. M. *Using numerical modeling for assesing the recoverable reserves of a geothermal steam field: the Pauzhetka geothermal field* (Use of numerical simulation to evaluate the performance fields parameters (for example Pauzhetsk geothermal field) // proceedings seismology) // Journal of Volcanology and Seismology, 2010, Vol. 4, No 1, pp. 52 – 71.
5. Elmi D., Axelsson G. Application of a transient wellbore simulator to wells HE-06 and HE-20 in the Hellisheidi geothermal system, SW-Iseland // Proceedings, 34-th Workshop on Geothermal Reservoir Engineering. Stanford University, 2009, SGP-TR-187.
6. Shulyupin A. N., Chermoshentseva A. A. On calculation of a steam-water flow in a geothermal well // Technical Physics. 2013, V. 58, No 8, pp. 1100–1105.
7. Chernev I.I. Shulyupin A. N. *Redesign for the enhanced well yield in steam-hydrothermal deposits* (Change the design as a way to improve the performance of production wells parogidrotermny fields), Gornyi informatsionno-analiticheskii byulleten', 2013, OV4, pp. 103–107. (in Russian).

РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ УГЛЕДОБЫЧИ НА РАЗРЕЗЕ «ПАВЛОВСКИЙ-2»

Приведены причины падения добычи угля на Павловском буроугольном месторождении, определены основные направления модернизации производства вскрышных работ, заключающиеся в полном перевооружении вскрышных технологических комплексов и переходе с железнодорожного транспорта вскрышных пород с передовых уступов на автомобильный, а также модернизации добычного комплекса с переходом на конвейерный транспорт, вместо применявшегося ранее автомобильного. Показано, что реализация этих решений приводит к сокращению дальности транспортировки пород и угля, повышению производительности труда, улучшению эксплуатационных показателей работы транспортных средств, что в свою очередь снижает эксплуатационные затраты и позволяет в кратчайшие сроки окупить дополнительные капитальные затраты на перевооружение.

Ключевые слова: модернизация, технологические комплексы, железнодорожный транспорт, вскрышные работы, автосамосвалы, конвейерный транспорт, добычные работы, технико-экономические показатели.

Разрез «Павловский-2» разрезуправления «Новошахтинское» с установленной производственной мощностью в 3000 тыс. т угля в год, отрабатывает с 1982 года запасы детально разведанного участка «Павловский» Павловского буроугольного месторождения. Балансовые запасы месторождения на 01.01.2013 г. составляют 291,5 млн т, промышленные — 256 млн т.

Добываемый уголь – бурый, марки 1Б, среднезольный (зольность чистых угольных пачек 18—20 %), малосернистый (0,4–0,6 %), с общей влагой рабочего топлива 42–43 %, выходом летучих 58 % и низшей теплотой сгорания рабочего топлива 2696 – 2856 ккал/кг.

Породы вскрыши представлены четвертичными глинами, песками, песчано-галечными отложениями, аргиллитами и алевролитами.

Первоначальным проектом отработки Павловского буроугольного месторождения предусматривалась комбинированная

система разработки, при которой передовые, сложенные преимущественно глинами, уступы разрабатывались мехлопатами ЭКГ-12,5 на железнодорожный транспорт (тепловозы ТЭМ-2УМ, думпкары 2ВС-105), мехлопатами ЭКГ-10, ЭКГ-15 и электрогидравлическими экскаваторами ЕХ-2500 в комплексе с автосамосвалами БелАЗ грузоподъемностью 42÷130 т и TEREX TR-100 грузоподъемностью 91 т с вывозкой породы во внешние и внутренние отвалы. Бестранспортные уступы отрабатывались драглайнами ЭШ-20/90 и ЭШ 11/70 по усложненной бестранспортной схеме.

В последние годы, несмотря на неуклонный рост объемов добычи до 2011 г., произошел спад объемов производства на 23 % (рис. 1) по причине перехода на газ Владивостокской ТЭЦ-2, главного потребителя бурых углей. Кроме того, по мере отработки, изменились в сторону ухудшения горно-геологические условия. Эти изменения обусловлены следующими обстоятельствами:

1) значительным увеличением глубины залегания угольных пластов (с 30-35 до 100 м);

2) естественным разделением карьерного поля, по мере отработки, на самостоятельные участки, в связи с неравномерным падением угольных пластов и увеличением амплитуды тектонических нарушений при отработке пластов по падению, что требует, естественно, индивидуального подхода при обосновании системы разработки и выборе выемочно-транспортного оборудования;

3) сокращением длины фронт горных работ за счет естественного сужения площади распространения пластов по простиранию;

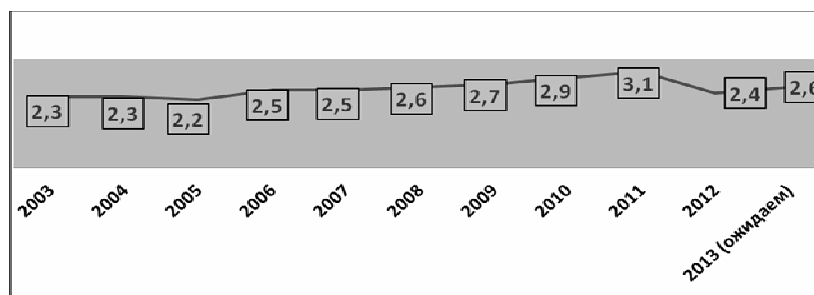


Рис. 1. Динамика объемов добычи угля за последние 10 лет, млн т

4) повышением обводненности выработанного пространства со стороны нерабочего борта (общий приток воды в карьер по фактическим данным составляет, максимальный – 4000 м³/ч, минимальный – 1300 м³/ч), а отсюда увеличением количества оползней внутренних отвалов при применении бестранспортной технологии [1].

Изменение топливного баланса тепловых станций и связанное с этим снижение объемов реализации бурого угля, изменения горно-геологических условий месторождения, а также существенный износ основного горнотранспортного оборудования, необходимость выпуска качественной конкурентной продукции, необходимость увеличения производительности труда и снижения себестоимости 1 т угля вынудило руководство разреза совместно с учеными разработать программу перевооружения разреза; пересмотреть схему вскрытия и используемое в технологическом процессе оборудование предприятия [2].

Для решения указанных задач были определены основные направления:

1. Концентрация горных работ.

В настоящее время добыча угля осуществляется на двух эксплуатационных участках №№ 1 и 2. Основной объем добычи (около 85 %) приходится на долю участка № 2, который рассматривается как перспективный с точки зрения лучших горно-геологических условий (запасы и мощность угольного пласта, низкий коэффициент вскрыши, возможность работы широким фронтом) и возможности снижения себестоимости транспортировки угля и вскрыши. За период 2011-2013 гг. текущий коэффициент вскрыши на участке горных работ № 1 в два раза выше аналогичного показателя на участке № 2. Поэтому планируется горные работы в 2014 году сконцентрировать только на участке горных работ № 2.

2. Вывод из эксплуатации (консервация) низкопроизводительной горной техники.

До 2005 года на разрезе «Павловский-2» в эксплуатации находилось 30 единиц экскаваторов. При этом общий процент износа экскаваторного парка, задействованного в технологическом процессе, приближался к 100 %. Требовались существенные текущие финансовые затраты для поддержания в исправном техни-

ческом состоянии рабочего парка экскаваторов. По инвестиционной программе в 2007-2013 гг. приобретены и введены в эксплуатацию два высокопроизводительных электрогидравлических экскаватора Hitachi – 2500 типа обратная лопата с объемом ковша 15 м³. Эти экскаваторы были задействованы на вскрышных работах в комплексе с автосамосвалами грузоподъемностью 130 т. При этом достигнута стабильная производительность каждого экскаватора в объеме 500-550 тыс. м³ в месяц. Кроме того, были приобретены три дизельных гидравлических экскаватора Hitachi-650 типа обратная лопата с емкостью ковша 3,5 м³. Использование дизельных экскаваторов позволило эффективно, с наименьшими потерями отрабатывать выхода и почву угольного пласта, довскрывать и отрабатывать пласт в местах западения и геологического нарушения, проводить предварительное осушение пласта, производить выемку угля нижним черпанием с погрузкой в автосамосвалы на уровне стояния, что естественно привело к снижению затрат на поддержание автомобильных дорог.

Целенаправленное обновление экскаваторного парка и вывод его на максимальную производительность позволило вывести из эксплуатации неэффективно используемое оборудование. По состоянию на 01.11.2013 экскаваторный парк на разрезе «Павловский-2» снижен до 8 единиц.

В 2010 г. инвентарный парк технологических автосамосвалов составлял 44 единицы, в том числе 33 самосвала грузоподъемностью 30-55 т. Общий износ автотранспорта по пробегу составлял 85 %. Из всего парка только 19 самосвалов имели коэффициент выхода на линию 0,65-0,75.

В течение 2010-2013 гг. выведено из технологии и списано 25 единиц технологического автотранспорта грузоподъемностью 30-42 т и приобретены 6 автосамосвалов БелАЗ-7511 грузоподъемностью 130 т, два самосвала TEREX-100 грузоподъемностью 90 т. Принимаемые меры позволили к концу 2013 г. повысить коэффициент использования парка автосамосвалов на 20 %, коэффициент грузоподъемности на 4,5 % и производительность машиноменны на 9 %.

3. Организационно-технологические решения.

Для вывода вводимого оборудования на максимальную производительность, был разработан комплекс организационно-

технических решений, который заключался в отработке эффективной технологической схемы работы экскаваторов, максимальной организации производства и материального стимулирования работников. Производительность экскаваторов Hitachi-2500 с погрузкой пород вскрыши в автотранспорт в объеме 550 тыс. м³ была достигнута за счет применения технологической схемы разработки вскрыши поперечными заходками в забое высотой 4-6 м и погрузкой в средства автотранспорта на уровне стояния экскаватора. Предварительная подготовка блока для автотранспортной вскрыши заключается в бульдозерном горизонтировании рабочей площадки и предварительном осушении путем нарезки водоотводных канав со сбросом воды на нижележащий горизонт или водосборник. Была создана комплексная бригада, работающая в целом на общий конечный результат, то есть ей были установлены целевые показатели, за своевременное выполнение которых выплачивалась конкретная сумма вознаграждения.

4. Снижение расстояния транспортировки автотранспортной вскрыши и угля.

В целях снижения расстояния транспортировки пород автомобильной вскрыши, через выработанное пространство отсыпаются временные породные перемишки с рабочего борта на нерабочий.

Сокращение расстояния транспортировки добываемого угля на горном участке № 2, достигнуто за счет строительства в 2011-2012 годах и ввода в эксплуатацию дробильно-конвейерного комплекса общей длиной 1,4 км. Комплекс включает в себя: дробилку-питатель (BF-29 P&H Mining Equipment. Ltd), основной ленточный конвейер (H+E LOGISTIK GMBH, транспортерная лента EP 1600/4 8+6 — аналог 1200), шнековый грохот ГШ-1000, ленточные конвейера для транспортировки и погрузки продукции (марка БПК, БОСШ) в железнодорожные вагоны и на самовывоз. При отсутствии вагонов дробленый уголь предусмотрено временно размещать на угольном складе с дальнейшей его погрузкой погрузчиком WBA-900 (емкость ковша 13м³) в железнодорожные вагоны. Расчётная производительность дробильно-конвейерного комплекса 3000 тыс. т угля в год.

В результате использования дробильно-конвейерного комплекса расстояние транспортировки угля в 2013 году снизилось

на 1,3 км, а общий экономический эффект за четыре месяца работы составил 13 млн. руб.

5. Снижение текущих затрат на вскрышные работы.

Так как бестранспортная схема разработки вскрыши на разрезе «Павловский-2» не эффективна ввиду отсутствия пригодных достаточно протяженных участков фронта и высокой обводненности нерабочего борта, принято решение полной замены железнодорожной вскрыши на автотранспортную при одновременном снижении дальности транспортировки угля. Объемы вскрышных работ по видам вскрыши приведены в таблице (рис. 2).

Как показывает анализ работы разреза «Павловский-2» в 2011 и 2012 годах отмечалась высокая себестоимость железнодорожной вскрыши. В этот период удельный объем железнодорожной вскрыши составлял 35 % от общего объема, а в общих затратах на вскрышные работы 47 % (рис. 3). Себестоимость 1 м³ железнодорожной вскрыши в указанный период оказалась выше в 2,1 раза бестранспортной и в 1,48 раза — автотранспортной вскрыши.

Снизить текущие затраты на производство вскрышных работ с использованием железнодорожного транспорта до уровня автотранспортной вскрыши в 2011-2012 гг. не удалось. Поэтому была поставлена цель: снизить издержки на производство вскрышных работ в целом, путем замены наиболее дорогого в условиях разреза вида вскрыши (железнодорожной), на другие применяемые в условиях разреза «Павловский-2» виды вскрыши (автотранспортную).

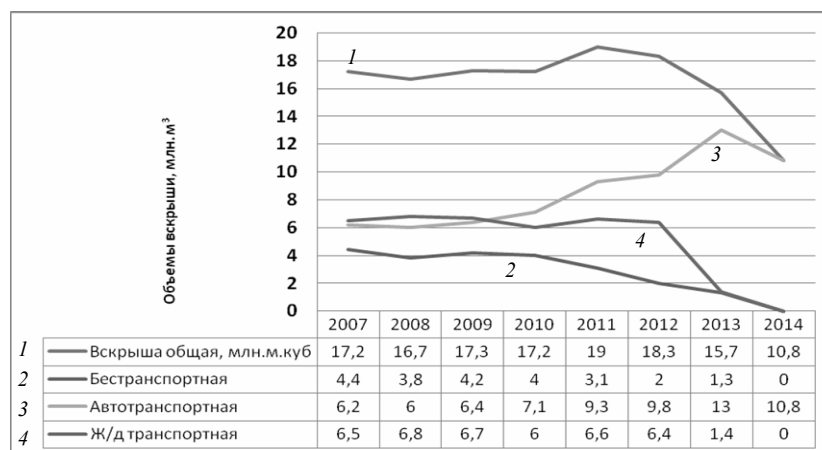


Рис. 2. Динамика объемов вскрыши до начала перевооружения и после него

Со II квартала 2013 года вскрышные работы с использованием железнодорожного транспорта не производятся, породы первого вскрышного уступа в полном объеме вывозятся автотранспортом на внутренние отвалы. Оборудование, ранее задействованное в экскаваторно-железнодорожно-отвальных (ЭЖО) комплексах, выведено на площадки консервации. В общей сложности из эксплуатации выведено 8 единиц экскаваторов, 12 единиц тепловозов ТЭМ-2 М, 72 единицы думпкаров 2 ВС-105, протяженность железнодорожных путей на разрезе сократилась на 42 км.

Как показывают результаты работы вскрышных комплексов в 2013 году реализация данной организационно-технологической перестройки производства позволила снизить себестоимость добываемого угля. Даже незначительное увеличение доли объемов автотранспортной вскрыши с 49 в 2011 г. до 54 % в 2012 г. при сохранении объемов железнодорожной вскрыши приводит к снижению доли затрат на автотранспортную вскрышу в общих затратах на вскрышные работы (рис. 3).



Рис. 3. Характер изменения объемов вскрышных работ и затрат на их производство для различных видов вскрыши

Показатели технического состояния экскаваторов, тепловозов и думпкаров, задействованных в комплексах ЭЖО

Показатели	ЭКГ-12,5 №1	ЭКГ-12,5 №2	ЭКГ-12,5 №3	ЭШ-10/70 №1	ЭШ-10/70 №2	ЭШ-11/70 №1	Тепловозы ТЭМ-2УМ	Думпка- ры 2ВС- 105
Срок службы нормативный, лет	18	18	18	20	20	20	25	18
Срок службы фактический, лет	23	22	20	29	24	17	18-24	
Износ, %	100	100	100	100	100	100	72-84	10-100
Планируемая годовая сумма затрат на ремонты и под- держание техсостояния, тыс. руб.	5 165 225	4 841 557	4 646 573	2 349 107	9 842 670	6 866 269	16 598 125	5 604 375

Основной причиной значительных издержек на экскаваторно-железнодорожно-отвальном комплексе оборудования является критический износ основного горно-транспортного оборудования: выемочно-погрузочного — 100 %, отвального — 100 % и подвижного состава — 70 – 80 % (табл. 1).

Для поддержания уровня добычи в 2014 г. на разрезе «Павловский-2» на уровне 3 млн. т объем железнодорожной вскрыши, подлежащей замене на автотранспортную, составляет 5,8 млн. м³. Размещение такого объема вскрышных пород возможно в выработанном пространстве разреза «Павловский-2» (участок № 1 и № 2), а в перспективе — на отработанных площадях участка «Северная Депрессия» (табл. 2).

Основная масса пород, вывозимых ранее железнодорожным транспортом, представлена глинистыми породами средней мощности 16,7 м. При естественной влажности 24 % эти породы имеют весьма низкие показатели сопротивления сдвигу, а при нарушении структуры и дополнительном увлажнении резко теряют свои прочностные свойства, вплоть до перехода в пластичное состояние.

Принимая для глин нарушенной структуры: плотность $\gamma = 2,04 \text{ т/м}^3$; влажность $w \approx 29 \%$; угол внутреннего трения $\rho = 8^\circ$; сцепление $c = 5,5 \text{ т/м}^2$; угол естественного откоса $\alpha = 35^\circ$, по методике А.М. Демина расчетная предельная высота устойчивого отвального яруса составит $h_{\text{я}} = 15 \text{ м}$.

Таблица 2

Рекомендуемые параметры внутренних автоотвалов

Место выемки	Место складирования	Предельная высотная отметка, м	Приемная способность, млн м ³	Высота яруса, м	Расстояние транспортировки, км
Южный фланг фронта (участок № 2)	Северный блок (участок «Центральный»)	+ 120	15	15	3,3
Южный блок (участок «Центральный»)	Участок № 1	+ 135	35	15	4,0
Северный фланг фронта (участок № 2)	Участок «Северная депрессия»	+ 135	70	15	2,5

Размещение глинистых пород в нижерасположенные яруса внутренних отвалов нерабочего борта на разрезе не производилось, поскольку в противном случае всегда приводило к снижению сцепления пород по контакту «основание отвала – отвальная смесь» и появлению масштабных оползневых деформаций отвалов на нерабочем борту.

Следует отметить, что глинистые породы передовых уступов, разрабатываемые на железнодорожный транспорт, являются потенциально плодородными и размещение их автотранспортом в верхние яруса внутренних отвалов нерабочего борта весьма эффективно с точки зрения рекультивации нарушенных горными работами земель. Подобное технико-технологическое решение является весьма существенным преимуществом экологического характера.

Для полной замены железнодорожной вскрыши на автотранспортную потребовалось дополнительно приобретение 6 автосамосвалов БелАЗ 75131 грузоподъемностью 130 т., тяжелого бульдозера Д-275 и тяжелого грейдера. Суммарные затраты на приобретение оборудования составили 418 млн. руб. Расчетное снижение затрат в год при реализации проекта – 122 млн. руб., отсюда срок окупаемости капитальных вложений составит 3,5 года.

Принимаемые организационно-технические и технологические меры позволили за период 2011-2013 гг. увеличить производительность труда одного работающего на добыче на 120 %, увеличить производительность и коэффициент использования горнотранспортного оборудования, сохранить позиции на рынке добычи и реализации бурого угля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лушпей В.П., Григорьев А.А., Костылев Ю.В., Мицкевич В.А. Геомеханические особенности эксплуатации буроугольных месторождений Дальнего Востока // Проблемы освоения георесурсов российского Дальнего Востока и стран АТР: Мат. VI межд.науч.конф и восьмого симпозиума по снижению опасных геологических проявлений в АТР. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2010. С. 161-166.

2. Лушпей В.П., Васянович Ю.А., Примачев Ю.В. The improvement of technological schemes of field development htavily watered drown coal-fields // Proceedings of the XIIth national conference with international par-

ticipation of the open and underwater mining of minerals, 26-30 June 2013, Varna, Bulgaria, pp. 250-254.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Лушпей Валерий Петрович — доктор технических наук, профессор, Инженерная школа Дальневосточного федерального университета, lvp-2012@mail.ru,
Примачев Юрий Васильевич — заместитель технического директора, ОАО «Приморскуголь», PrimachevUV@suek.ru.

UDC 658.5:622.33.012

THE RESULTS OF THE TECHNICAL RE-EQUIPMENT OF COAL MINING IN THE CONTEXT OF "PAVLOVSKY-2"

Lushpey V.P., Dr. Sci. (Tech), Professor of the department of Mining and complex development of georesources, Far Eastern Federal University, Engineering School, lvp-2012@mail.ru, Russia,
Primachev Y.V., Technical director, JSC «Primorskugol», PrimachevUV@suek.ru, Russia.

Reasons for the decreasing of coal mining at Pavlovsk brown coal – field are specified. Furthermore, the main directions of modernization of production of removing overburden are determined. They include complete retooling of overburden processing facilities and transition from overburden rail from roughly cut to automobile transport along with the modernization of winning processing facilities including transition to conveying instead of earlier used automobile transport. It is shown that the implementation of these solutions leads to a reduction of the transportation distance of coal and rocks, increase labor productivity, improvement plant – performance vehicles, which in turn reduces performance costs and allows you to quickly recoup the additional capital costs for retooling.

Key words: modernization, technological complexes, railway transport, removing the overburden, dump trucks, conveying, winning operations, technical and economic indices.

REFERENCES

1. Lushpey V.P., Grigor'ev A.A., Kostylev Ju.V., Mickevich V.A. *Geomechanicheskie osobennosti jekspluatcii burougol'nyh mestorozhdenij Dal'nego Vostoka* (Geomechanical aspects of exploitation of lignite deposits of the Russian Far East) // Problemy osvoenija georesursov rossijskogo Dal'nego Vostoka i stran ATR: Mat. VI mezhd.nauch.konf i vos'mogo simpoziuma po snizheniju opasnyh geologicheskikh projavlenij v ATR. Vladivostok: Izd-vo DVGUTU, 2010, pp. 161-166.
2. Lushpey V.P., Vasjanovich Ju.A., Primachev Ju.V. *The improvement of technological schemes of field development htavily watered drown coal-fields* (The improvement of technological schemes of field development htavily watered drown coal-fields) // Proceedings of the XII-th national conference with international participation of the open and underwater mining of minerals, 26-30 June 2013, Varna, Bulgaria, pp. 250-254.

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБОГАЩЕНИЯ РУД, СОДЕРЖАЩИХ ТОНКОДИСПЕРСНЫЕ БЛАГОРОДНЫЕ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ

Предложена рентабельная экологически безопасная технология обогащения благородных металлов под воздействием электромагнитных полей.

Ключевые слова: обогащение руд, экология, тонкодисперсное золото, электромагнитное поле, диамагнетики, обогатительный модуль, технология обогащения.

В последнее время развитию технологий, обогащения полезных ископаемых, минимально воздействующих на окружающую среду, уделяется всё большее внимание. Особое место занимают разработки в области обогащения руд с низким содержанием полезных компонентов, а также руд с тонкодисперсными материалами. Безусловно, это вопрос приоритета Российской науки. Очень часто вопросы экологии, когда затрагиваются интересы развития многих отраслей экономики и вопросы обороноспособности России, отходят на второй план. В предлагаемой разработке, что очень важно, находят решение многие геоэкологические проблемы добычи золота (ртутная амальгамация, цианидное выщелачивание и многие др.).

Одно из решений реализовано на экспериментальной электромагнитной сепараторной установке для выделения тонкодисперсного золота из руд. Устройство для выделения мелкого и тонкого золота (МТЗ), а также тонкодисперсного золота (ТДЗ) из золотосодержащих руд, прошедших предварительное измельчение состоит из: загрузочного бункера, ленточного транспортёра, излучателя электромагнитных излучений (ЭМИ), которое формирует поле со скрещенными электромагнитными полями (ЭМП), волновода и резонаторов, контуров защиты от ЭМИ, специального магнитного ролика транспортёра, ёмкости для пустой породы (хвосты) и ёмкости для МТЗ и ТДЗ.

Суть процесса заключается в изменении свойств тонкодисперсного золота под воздействием электромагнитных излучений

(ЭМИ) с последующим использованием этих свойств, при обогащении золотосодержащих руд.

Золото, по природе, относится к «классическим» диамагнетикам, а диамагнетизм связан с тенденцией электрических зарядов частично экранировать внутреннюю часть тела от внешнего магнитного поля, что согласуется с законом Ленца согласно которого, всякий магнитный поток через электрический контур индуцирует в контуре ток такого направления, что его магнитный эффект будет противодействовать указанному изменению. В цепи без сопротивления или в частности в электронной орбите атома, индуцированный ток сохраняется до тех пор, пока существует поле, магнитный момент, связанный с этим током и есть диамагнитный момент.

Диамагнитная восприимчивость на единицу объема:

$$\chi = -\frac{Ze^2 N}{6mc^2} \bar{r}^2 \quad (1)$$

где N – число атомов на единицу объема; Z – порядковый номер элемента; e – абсолютная величина заряда электрона; m – масса электрона; c – скорость света в вакууме; $\bar{r}^2$ – средний квадрат расстояния для электронов атома.

Формула является Лонжевеновским выражением для диамагнитной восприимчивости с учетом поправок Паули. При наличии внешнего магнитного поля H перпендикулярного к плоскости орбиты, возникает сила Лоренца.

$$F = \frac{e}{c} V H, \quad (2)$$

где V – скорость электрона.

Определение в нашей работе диамагнитной восприимчивости сведется к определению сил, действующих на образец в неоднородном магнитном поле, при любом конкретном способе измерения.

Величина силы F определяется градиентом магнитной энергии:

$$F = \frac{1}{2} \text{grad} \int \chi H^2 dV \quad (3)$$

Золото, по природе относящееся к группе «классических диамагнетиков», должно соответствующим образом и вести себя

в магнитных полях. Диамагнитная же восприимчивость, возникающая в атомных электронных оболочках под действием внешнего магнитного поля, характерна для веществ, у которых атомы, ионы или молекулы не имеют результирующего магнитного момента (P_m) т.е. согласно «распределению Гиббса» диамагнитная восприимчивость равна:

$$\chi = -\frac{N_0 e^2 \mu_0}{6m} \sum_{i=1}^z r_i^{-2}, \quad (4)$$

где N_0 – концентрация частиц вещества; μ_0 — магнитная постоянная.

Формула справедлива при условии, что $\sum_{i=1}^z r_i^{-2}$ имеет стационарное значение и не меняется вследствие теплового движения атомов.

При учете квантовых свойств электронной оболочки атомов формула справедлива для невырожденных S - и Σ - состояний и сферически симметричного электрического поля ядра атома или иона.

Из вышесказанного следует: сильное магнитное поле вытолкнет диамагнетик в более слабое поле т.к. диамагнетик (золото, висмут и т. д.) старается минимизировать поток магнитного поля через свою поверхность.

Принцип обогащения руд, содержащих МТЗ и ТДЗ, с использованием ЭМИ реализован на обогатительном модуле, схема которого изображена на рис. 1.

Золотосодержащая руда, прошедшая предварительное измельчение, в виде мелкого и тонкодисперсного материала поступает в приёмный бункер 1, затем через вибропитатель 2 поступает на ленту транспортёра 3, по которой доставляется к месту обогащения, т.е. к «золотой головке», состоящей из излучателя ЭМП 6 и волновода, где происходит процесс выделения МТЗ и ТДЗ.

Известно устройство [Дядин, Лагуткин], где используются свойства, в естественных дисперсных смесях частицы свободного металла отличаются от частиц вмещающих пород высокой электропроводностью. Если на такую смесь воздействовать переменным магнитным полем, то в частицах металла индуцируются вихревые токи, которые значительно больше токов в частицах

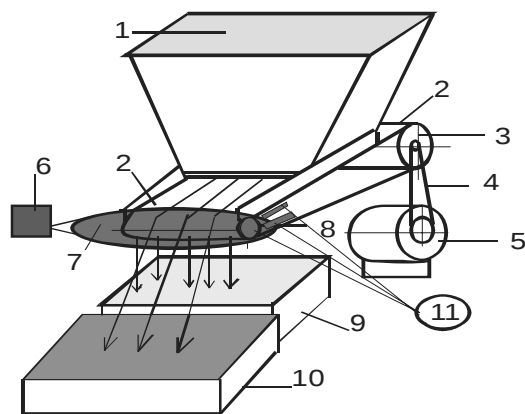


Рис. 1. Модуль обогащительный: 1 — бункер для руды; 2 — транспортёр вибропитателя; 3 — ролик ведущий ленточного транспортёра; 4 — ремень приводной; 5 — электродвигатель; 6 — излучатель; 7 — зона облучения; 8 — ролик магнитный; 9 — контейнер для тонкодисперсного золота; 10 — контейнер для пустой породы; 11 — подмагниченные участки

вмещающих пород. Вихревые токи взаимодействуют с индуцирующим их магнитным полем. При нарастании напряженности поля частицы металлов выталкиваются из магнитного поля, а при уменьшении — втягиваются в область с большей напряженностью. Работы относятся к области сильных магнитных полей. Генерация мощных импульсных магнитных полей представляет собой достаточно сложную техническую задачу. Импульсные магнитные поля получают с помощью соленоидов, питаемых мощными импульсами электрического тока. Проблема генерации указанных полей состоит главным образом в разработке и изготовлении подходящих источников питания, которые должны запасать необходимую энергию и передавать ее в виде импульсов тока в соленоид. Наиболее распространенным способом получения мощных импульсов тока является разряд батареи конденсаторов. Для него характерны высокая эффективность преобразования и передачи энергии в индуктивную нагрузку и хорошая приспособляемость к условиям экспериментов. К недостаткам следует отнести значительную стоимость конденсаторов, низкую плотность запасаемой энергии и связанные с этим размеры изготавливаемых источников [Лагуткин].

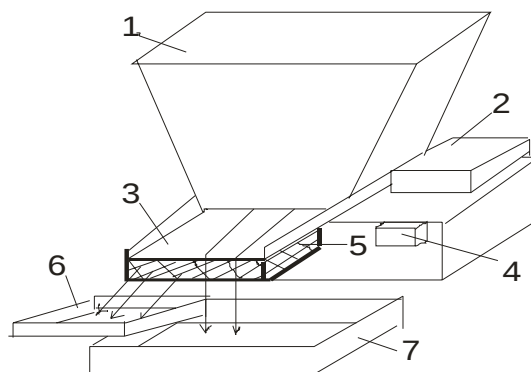


Рис. 2. Экспериментальная лабораторная установка: 1 – загрузочная емкость; 2 – генератор управления коммутационным устройством; 3 – вибрационный питатель; 4 – коммутационное устройство; 5 – преобразователь энергии (соленоид); 6 – концентратная емкость; 7 – сборник отходов

Для проверки возможности разделения минерального сырья в переменном магнитном поле нами была изготовлена лабораторная установка, представленная на рис. 2.

Принцип ее работы следующий: дисперсный материал, содержащий диа- и парамагнитные металлические частицы, из загрузочной емкости 1 вибрационным питателем 3 подается в область магнитного поля, создаваемого соленоидом 5, где происходит разделение потока. Металлические частицы отбрасываются магнитным полем в концентратную емкость 6.

К существенным недостаткам предлагаемого метода можно отнести низкую производительность и высокое потребление мощности на единицу продукции. По такому принципу не может быть реализована рентабельная технология обогащения золото-содержащих руд с МТЗ и ТДЗ.

Учитывая вышеперечисленные недостатки, нами предлагается следующая обогатительная установка. В предлагаемой установке (см. рис. 3), частицы золота в зоне разделения, попадают под воздействия скрещенных магнитных полей, под воздействием которых происходит изменение их физико-технических характеристик и они становятся магнитовосприимчивыми. Попадая в зону взаимодействия, которая создается влиянием магнитного ролика 4, золотины осаждаются на охватывающую ролик транс-

портирующую ленту 5 и фактически прилипают к ней. Затем пройдя сектор преноса частицы золота сбрасываются через щелевой бункер 7 в контейнер для МТЗ и ТДЗ 8. Пустая порода по направляющей 6 поступает в хвосты 9. Защита от ЭМИ решена в представленной установке за счёт щелевых насадок устанавливаемых на подающем участке транспортирующей ленты, на направляющих для пустой породы и в щелевом бункере для сброса МТЗ и ТДЗ.

Устройство реализовано для пакетированного излучателя до 10 квт, с производительностью от 10 тонн руды, содержащей МТЗ и ТДЗ.

Из приведённых экспериментов с золотом видно, что изменение свойств металлов под воздействием ЭМИ, приводит к изменению физических свойств. Это позволяет применить рентгеновскую экологически безопасную технологию обогащения. По аналогии с благородными металлами, изменение свойств металлов под воздействием ЭМИ редкоземельных и радиоактивных элементов, позволит применить более производительные, экологически чистые и более щадящие окружающую среду технологии обогащения.

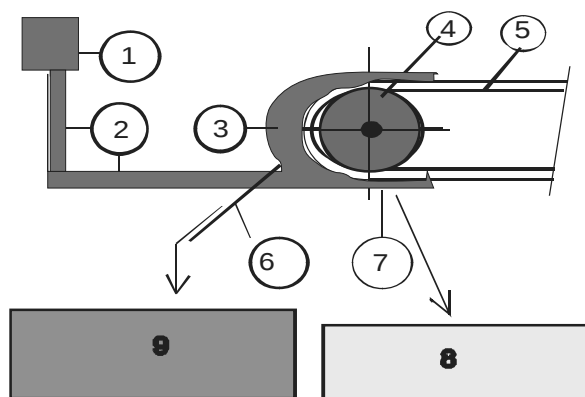


Рис. 3. Схема обогатительного устройства: 1 — излучатель ЭМИ; 2 — волноводы; 3 — рабочая камера «золотой головки»; 4 — магнитный ролик; 5 — транспортёрная лента; 6 — направляющая для пустой породы, 7 — щелевой бункер для МТЗ и ТДЗ; 8 — контейнер для МТЗ, ТДЗ и других элементов обогащения; 9 — хвосты

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вансовский С. В. Магнетизм. /С.В. Вансовский — М.: Наука, 1984. — 374 с.
2. Гуревич А.Г., Мелков Г.А. Магнитные колебания и волны — М.: Наука, 1994. — 294 с.
3. Киттель Ч. Элементарная физика твердого тела. — М.: Наука, 1965 г. — 368 с.
4. Кудрин В.Н. Взаимодействие магнетиков с электромагнитными излучениями. Журнал «Колымские Вести» СВКНИИ ДВО РАН. №20, Магадан, 2003. — С.13 –14.
5. Мартыненко Ю.Г. Движение твердого тела в электрических и магнитных полях. — М.: Наука, 1988. — 168 с.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Агошков Александр Иванович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой, bgdtsdvfu@mail.ru,
Дальневосточный федеральный университет,
Кудрин Владимир Николаевич – старший преподаватель, kudrin@mail.ru,
Северо-восточный государственный университет.

UDC 622.55:622.7:332.142

ENVIRONMENTALLY SAFE TECHNOLOGY OF BENEFICATION OF ORES CONTAINING FINELY-DISPERSED AND RARE EARTH METALS

Agoshkov A.I., Doctor of technical Sciences, Professor, head of Department, bgdtsdvfu@mail.ru,
Far Eastern Federal University, Russia,
Kudrin V.N., Senior lecturer, kudrin@mail.ru, Northeastern state University, Russia.

In article profitable ecologically safe technology enrichment precious metals under the influence of electro-magnetic fields is offered

Key words: enrichment of ores, ecology, finely dispersed gold, electromagnetic field, diamagnetics, enrichment module, technology of enrichment.

REFERENCES

1. Vansovskij S. V. *Magnetizm* (Magnetism) /S.V. Vansovskij, Moscow, Nauka, 1984, 374 p.
2. Gurevich A.G., Melkov G.A. *Magnitnye kolebanija i volny* (Magnetic oscillations and waves), Moscow: Nauka, 1994, 294 p.
3. Kittel' Ch. *Jelementarnaja fizika tverdogo tela* (Elementary solid state physics), Moscow, Nauka, 1965, 368 p.
4. Kudrin V.N. *Vzaimodejstvie magnetikov s jelektromagnitnymi izluchenijami* (The interaction of magnetic materials with electromagnetic radiation). Zhurnal «Kolymskie Vesti» SVKNII DVO RAN. No 20, Magadan, 2003, pp.13 –14.
5. Martynenko Ju.G. *Dvizhenie tverdogo tela v jelektricheskikh i magnitnyh poljah* (Motion in electric and magnetic fields). Moscow: Nauka, 1988, 168 p.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ УДАЛЕННЫХ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ МАЛЫХ ЛОКАЛЬНЫХ УГЛЕХИМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Рассмотрена возможность применения локальных углехимических комплексов на основе технологии газификации углеродсодержащих топлив. Обоснована возможность развития инфраструктуры в части получения электрической и тепловой энергии для удаленных угольных месторождений. Приведена сравнительная экономическая характеристика применения газогенераторов и дизельгенераторов, обоснована себестоимость получаемой электроэнергии.

Ключевые слова: газогенератор, тепловая энергия, топливные ресурсы, газификация.

На территории Российской Федерации, и прежде всего Дальневосточного макрорегиона, существует значительное количество перспективных угольных месторождений, находящихся в удаленных, в том числе северных районах, в которых нет достаточно надежной и стабильной инфраструктуры в части электроснабжения и обеспечения вахтовых поселков тепловой энергией. Освоение подобных месторождений в условиях отсутствия магистральных электрических сетей чаще всего зависит от производства электроэнергии дизельными генераторами, которые имеют потребность в топливе с высокой стоимостью, обусловленной, в том числе сложностью его доставки.

В связи с этим, особую актуальность имеет развитие технологий, способных надежно обеспечивать местной электрической и тепловой энергией отдаленные районы и месторождения, используя местные топливные ресурсы. Перспективным технологическим решением может являться применение газогенераторов для локальной энергетики, работающих на местных углях и иных углеродсодержащих топливах, по принципу газификации, с це-

лью получения тепла и альтернативного источника электрической энергии.

Под процессом газификации твердого топлива принято понимать сложный термохимический процесс превращения твердого топлива в газообразное. При этом горение и газификацию следует рассматривать как единый процесс, что в первую очередь подтверждается общностью протекания при этих процессах химических превращений.

Итоговый состав газа зависит от комбинации типа реактора, конкретного угля и режима работы газификатора.

Нами предлагается использовать мобильный газогенераторный комплекс на основе газогенератора, разработанного компанией «МЭС», г. Москва. Предлагаемый для использования на удаленных объектах комплекс спроектирован как альтернатива дизельгенераторам мощностью от 1 до 5 МВт, для применения на угледобывающих предприятиях с отсутствием или ограниченным доступом к электросетям, но имеющим доступ к недорогому углеродсодержащему топливу, добываемому на месте, либо углеродсодержащим отходам производства. Быстрое время разворачивания комплекса, его модульно-блочное исполнение, низкие операционные и эксплуатационные расходы обеспечивают оперативный запуск на площадке и малые требования как к топливным так и к людским ресурсам для работы установки. Блок-схема устройства представлена на рис. 1.

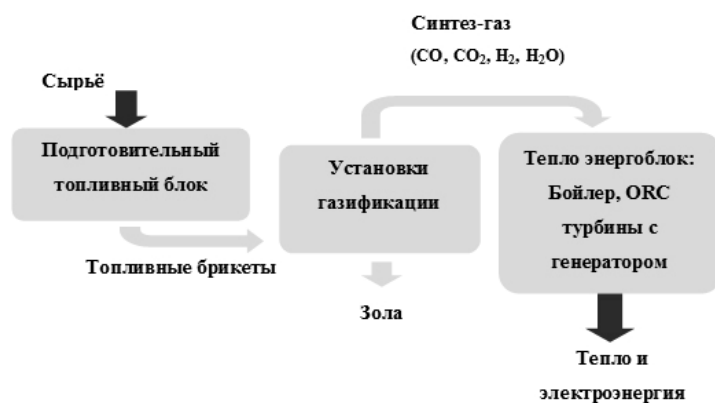


Рис. 1. Блок-схема устройства

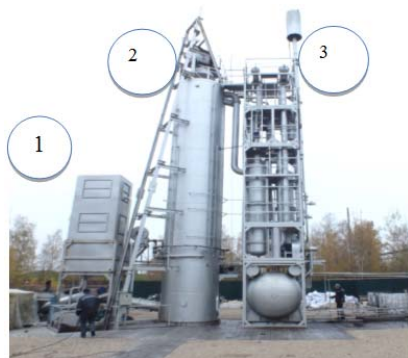


Рис. 2. Газификатор для локальной энергетики с каталитически неподвижным слоем

Газогенератор использует углеродсодержащее топливо (прежде всего уголь), добытое на месте залегания пласта, что позволяет минимизировать расходы на доставку топлива. Также в газогенераторе возможно безопасное использование твердых бытовых отходов и промышленных отходов в качестве дополнительного ресурса для газификации.

Газификатор с каталитически неподвижным слоем может быть реализован как в небольших, так и в крупных масштабах в зависимости от потребности предприятия. Все блоки имеют модульное исполнение, что обеспечивает возможность транспортировки в любые удаленные районы.

Каталитический фиксированной газификатор (рис. 2) состоит из трех блоков: блок подготовки топлива 1, блок газификации 2, и блок обработки синтез-газа 3.

В блоке подготовки топлива углеродистый исходный материал смешивается с катализатором и, в случае необходимости, с десульфуризирующим агентом (известняк) с помощью шнековых систем и затем автоматически подается в шлюзовой бункер в верхней части газогенератора.

Газификатор основан на каталитическом реакторе с неподвижным слоем и как правило, работает при 1100°C в зоне реакции, чтобы избежать нежелательной агломерации, вызванной плавлением золы. Температура контролируется воздухом и паром через входные отверстия в зоне реакции. Удаление золы через нижнюю часть газификатора синхронизировано с операцией подачи топлива в шлюзовой бункер. В связи с системой рекуперации тепла в блоке удаления золы, температура золы на выходе составляет примерно 110°C .

Синтез-газ из верхней части газогенератора через зону регенерации тепла газификатора поступает в блок обработки. Блок обработки синтез-газа служит нескольким целям: удаление твердых частиц, конденсация воды и органических веществ из синтез-газа, рек-

тификации для отделения конденсата тяжелых углеводородов из легких единиц и воды. Последняя поступает в газификатор через паровое впускное отверстие, в то время как тяжелые фракции углеводородов рециркулируют через шлюзовой бункер. Чистый синтез-газ используется в качестве топлива для турбин либо бойлеров.

Автоматизированная система управления обеспечивает полную автоматизацию энергетического комплекса, контролируя реакции и регулируя технологические зоны горения подачи окислителя, а так же за счет синхронизации подачи топлива и операции золоудаления.

Газификатор с неподвижным слоем соответствует строгим экологическим требованиям Российской Федерации и обеспечивает выход SO_x, NO_x и органических веществ значительно ниже существующих лимитов.

Типовой блок газификатора имеет следующие технические характеристики (табл. 1):

Расход топлива	3 тонны/час
Потребление воды	1 м ³ /час
Теплотворная способность синтез газа	17 – 25 ГДЖ/м ³
Размеры	18м х 5м х 15м
Требуемая площадь	1.5 га
Вес	~ 180 т
Диапазон температур	–60 +60 °С

Технико-экономические характеристики энергетического комплекса представлены на рис. 3, исходя из текущей стоимости цен на дизельное топливо, поставляемое в отдалённые районы.

Нами выполнено сравнение примерной стоимости одного кВт энергии при использовании предлагаемых газогенераторов на местных топливах и дизельных генераторов. Результаты расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Сравнение газогенераторов работающих по принципу газификации топлив и дизельгенераторов

Показатель	Расход на 1 МВт/ч	Стоимость (руб)	Стоимость топлива в час. (руб.)	Стоимость 1 кВт. (руб.)
Дизель	259 л.	40 руб/л	10360	10,36
Уголь	3 т.	1400 руб/т	4200	4,2

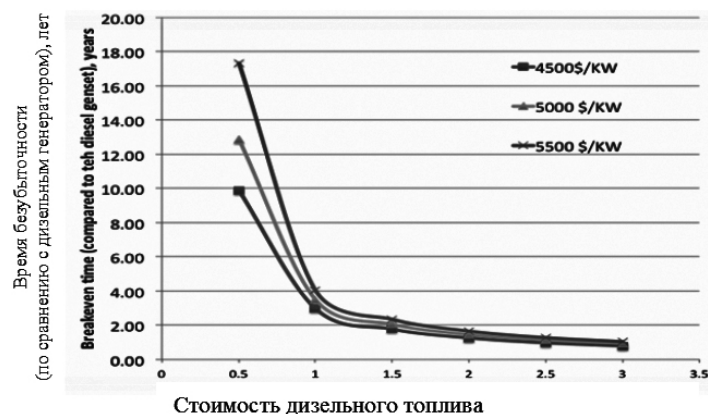


Рис. 3. Техничко экономические характеристики энергетического комплекса

Следует отметить, что в данном расчете не учтены логистические затраты на доставку дизельного топлива до места использования.

Как следует из расчетов, стоимость электроэнергии, вырабатываемой дизельным генератором, более чем в два раза превышает стоимость 1 кВт энергии, полученного путем газификации угля в газогенераторе.

Следовательно, используя газогенераторы мощностью 1 МВт, мы можем экономить до 53 млн рублей в год. Очевидно, что если мы будем увеличивать потребляемую мощность, то экономия будет еще более существенной.

Использование технологии газификации углеродного топлива позволяет разрабатывать новые месторождения в отдалённых районах с отсутствием инфраструктуры и недостаточно обеспеченных электроэнергией, а также попутно отапливать вахтовые или близлежащие поселки. Использование газогенератора подразумевает снижение себестоимости добываемого полезного ископаемого за уменьшения доли стоимости электроэнергии в структуре себестоимости продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kinaev N., Panfilov V., Grebenyuk I., Babaev A., Belov A. Catalytic Fixed Bed Gasification for Remote Sites for Power Generation and Industrial and Municipal Waste Utilisation // Proceedings of Pittsburgh Coal Conference, USA, 2014.
2. Gong, Y., Yu, G., Guo, Q., Zhou, Z., Wang, F., Liu, Y. Experimental study on particle characteristics in an opposed multi-burner gasifier // Chemical Engineering Science. Volume 117, 27 September 2014, Pages 93—106.
3. Lee, H. — H., Lee, J. — C., Joo, Y. — J., Oh, M., Lee, C. — H. Dynamic modeling of Shell entrained flow gasifier in an integrated gasification combined cycle process // Applied Energy. Volume 131, 15 October 2014, Pages 425-440.
4. Pu, G., Zhou, H. — P., Hao, G. — T. Study on pine biomass air and oxygen/steam gasification in the fixed bed gasifier // International Journal of Hydrogen Energy. Volume 38, Issue 35, 22 November 2013, Pages 15757-15763.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Белов Алексей Викторович — кандидат технических наук, доцент, poraen@mail.ru, Инженерная школа ДВФУ;
Гребенюк Игорь Владимирович — научный сотрудник, starbli@mail.ru, Инженерная школа ДВФУ;
Бабеев А.Ю. — студент, Инженерная школа ДВФУ;
Борода В.В. — студент, Инженерная школа ДВФУ;
Гальцев И.С. — студент, Инженерная школа ДВФУ;
Кинаев Н.Н. — доктор технических наук, директор компании Strategic Energy Consulting.

UDC 622:658.51

THE PROVISION OF ENERGY INFRASTRUCTURE IN REMOTE COAL DEPOSITS THROUGH THE USE OF SMALL LOCAL COAL COMPLEXES

Belov A.V., Candidate of technical Sciences, associate Professor, Engineering school FEFU, Russia,
Kinaev N.N., Doctor of technical Sciences, CEO of Strategic Energy consulting, Australia,
Grebenyuk I.V., Scientific strojnik Engineering school FEFU, Russia,

Babaev A.Yu., Student of the Department of mining and integrated development is analyzed In general school FEFU, Russia,
Boroda V.V., Student of the Department of mining and integrated development is analyzed In general school FEFU, Russia,
Galtcev I.S., Student of the Department of mining and integrated development is analyzed in the Engineering school FEFU, Russia.

The possibility of applying the local coal-chemical complexes on the basis of technology for the gasification of carbonaceous fuels. The possibility of development of infrastructure in terms of electrical and thermal energy for remote coal deposits. Comparative economic characteristics of the use of gas generators and diesel generators, justified the costs of electricity.

Key words: getgenerator, thermal energy, fuel resources, gasification.

REFERENCES

1. Kinaev N., Panfilov V., Grebenyuk I., Babaev A., Belov A. Catalytic Fixed Bed Gasification for Remote Sites for Power Generation and Industrial and Municipal Waste Utilisation // Proceedings of Pittsburgh Coal Conference, USA, 2014.
2. Gong, Y., Yu, G., Guo, Q., Zhou, Z., Wang, F., Liu, Y. Experimental study on particle characteristics in an opposed multi-burner gasifier. / Chemical Engineering Science, Volume 117, 27 September 2014, pp. 93—106.
3. Lee, H. — H., Lee, J. — C., Joo, Y. — J., Oh, M., Lee, C. — H. Dynamic modeling of Shell entrained flow gasifier in an integrated gasification combined cycle process, Applied Energy, Volume 131, 15 October 2014, pp. 425-440.
4. Pu, G., Zhou, H. — P., Hao, G. — T. Study on pine biomass air and oxygen/steam gasification in the fixed bed gasifier // International Journal of Hydrogen Energy. Volume 38, Issue 35, 22 November 2013, pp. 15757-15763.

ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОЦЕНКИ СТРУКТУРЫ ТЭК ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА*

Рассмотрены инструментарию оценки хозяйственной деятельности в условиях смешанной экономики в целях повышения эффективности использования экономических ресурсов. Система инструментов для ТЭК: энергосбережение, рационализация режимов тепло и энергопотребления, методы экономического стимулирования участников программы инновационного развития отрасли выбирают с учетом особенностей, целей и объектов производства. Рассматриваются характерные черты, принципы, формы и виды взаимодействия инструментов отрасли.

Ключевые слова: инструментарию оценки, и методики анализа, инновационное производство, эффективность, рациональность структуры, топливно-энергетический комплекс.

Система инструментов для регулирования экономико-финансового развития ТЭК предлагаемая нами не противоречит системе государственных инструментов и включает в себя:

1. Энергосбережение. Охватывает все категории потребителей и реализуется посредством таких направлений, как рациональное сочетание топливных ресурсов для производства тепло и электроэнергии, установка и внедрение энерготехнологических установок на промышленных предприятиях, применение прогрессивных энергосберегающих технологий.

2. Рационализация режимов тепло и энергопотребления. Имеет целью выравнивание суточных и сезонных графиков использования продукции предприятий ТЭК региона. Предполагает такие организационно-технические меры, как отключение или снижение нагрузки оборудования в определенные периоды суток и т.к.

3. Методы экономического стимулирования участников программы инновационного развития отрасли выбирают с учетом особенностей, целей и объектов производства. В частности, могут применяться такие инструменты как, активное внедрение систе-

* Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ (госзадание № 1398.2014).

мы государственно-частного партнерства, во всех формах его разнообразия, гибкое регулирование соотношений цен на электроэнергию и тепло; тарифы на тепло энергию, дифференцированные в зависимости от разных факторов; единовременная плата за присоединение абонентов к тепловым сетям энергокомпаний, дифференцированная по показателям энергоэффективности подключаемых зданий и производств; скидки с тарифов на тепло-энергию для потребителей, согласившихся на периодические ограничения тепловых нагрузок и снижения параметров энергоносителей.



На функционирующем производстве при проведении анализа результативности работы и финансового положения необходимо учитывать множество факторов. Но инструментарий, используемый при анализе, универсален и может использоваться на предприятиях любого масштаба в любой отрасли. Система инструментов государственного и отраслевого регулирования экономического развития региона ориентирующего плана включает:

- 1) генеральную схему развития и размещения производительных сил страны;
- 2) прогноз социально-экономического развития регионов;
- 3) стратегический план развития региона;
- 4) индикативный план развития экономики региона.

Генеральная схема развития и размещения производительных сил страны представляет собой прогнозный документ стратегического характера, содержащий научное обоснование развития и размещения производительных сил на перспективу. В частности Государственная программа Российской Федерации «Социально-экономическое развитие Дальнего Востока и Байкальского региона» где сделан акцент на электроэнергетику, так как 13, 5 % — энергетических мощностей страны приходится на Дальний Восток. На электростанциях макрорайона вырабатывается примерно 11,5 % электроэнергии производимой в России. ОВС Востока связана с ОЭС Сибири тремя высоковольтными линиями электропередачи 220кВ. Она разрабатывалась в целях повышения эффективности общественного производства на основе совершенствования территориального разделения труда, комплексного экономического и социального развития региона. Период разработки Генеральных схем – 20-летняя перспектива (с более подробным обоснованием среднесрочной перспективы – 10 лет. При этом предусматривается вариантность в развитии и размещении производства отдельных структур. Исходной базой Генеральной схемы служат прогнозные разработки по развитию экономики в целом, отдельных отраслей, а также региона на перспективу.

Одна из главных задач составления Генеральной схемы состоит в обеспечении согласованности отраслевого и территориального развития по основным показателям реального сектора экономики, сбалансированности территориальных ресурсов многоцелевого назначения (трудовых, природных) с потребностями отраслей в них в территориальном разрезе. В ТЭК Дальнего Востока возможно использование всех видов ресурсов – трудовых, материально-технических, земельных, водных. В настоящее время на предприятиях наблюдается дефицит материально-технических ресурсов в то же время не все ресурсы задействованы полностью на производстве: простаивает техника, не полностью обеспечены работой трудовые ресурсы, высок уровень безработицы (в том числе скрытой) и др. В отрасли неэффективно используется более половины производственных мощностей. На рынке материально-технических ресурсов доминирует производственный спрос, т.е. он зависит спроса на продукцию, которая

получается с их помощью (тепло и электроэнергия). Сейчас платежеспособный спрос предприятий низкий, а потребность в материально-технических ресурсах высокая. На спрос влияют цены, доходы потребителей, качество ресурсов, инфляция. Общая сумма энергетических мощностей дает представление о развитии уровня производительных сил.

Наряду с Генеральной схемой целесообразно разрабатывать отраслевые схемы развития производства, а также территориальные схемы развития и размещения производительных сил.

Отраслевые схемы развития производства содержат два основных раздела: анализ развития и размещения отрасли за базисный период и обоснование развития и размещения отрасли в перспективном периоде.

Потребность в продукции отрасли (производства) на перспективу обосновывается исходя из стратегии развития экономики страны, утвержденных целевых комплексных программ, она включает потребности домашних хозяйств, государства и потребности смежных отраслей. Распределение продукции отрасли по территории страны принимается в соответствии с принципом абсолютных и сравнительных преимуществ. Потребность в продукции производственного назначения обосновывается исходя из намеченных объемов производства на предприятиях-потребителях в территориальном разрезе.

Территориальные схемы развития производства содержат обоснование развития и размещения производительных сил региона на перспективу. Вместе с ними разрабатываются схемы формирования и развития ТПК, районные планировки и другие документы. В территориальных схемах обосновываются направления производственной специализации и комплексного экономического и социального развития региона исходя из природных и социально-экономических предпосылок, выявляются территории, ограниченные для размещения производства, в частности из-за экологических соображений, а также территории, приоритетные для строительства крупных предприятий определенного профиля. Определяются эффективные варианты размещения предприятий различных отраслей, формирования ТПК и промышленных узлов, направления хозяйственного освоения новых территорий. Рассматриваются вопросы развития средних и малых

городов. Определяется перечень важнейших проблем для разработки целевых комплексных программ, дается оценка эффективности намечаемых направлений развития и размещения производительных сил, особое внимание уделяется вопросам социального развития, системе внутрирайонного расселения и развитию сферы обслуживания.

Районная планировка – вид проектно-планировочных работ в разрезе единиц административно-территориального деления. Она обеспечивает оптимальные условия для развития производства, совершенствования существующих и создания новых систем расселения, межселенного обслуживания населения, охраны окружающей среды, сохранения памятников материальной культуры, защиты населенных пунктов и территорий от опасных геологических и гидрогеологических процессов с учетом эффективного и комплексного использования природных, материальных и трудовых ресурсов.

Основными структурными элементами районной планировки являются схемы и проекты, разрабатываемые на 20 лет вперед. Схемы и проекты районной планировки являются ориентирующими документами, разрабатываются в увязке с комплексной программой развития экономики региона.

Современная постановка проблемы рациональных структурных решений отечественных топливно-энергетических компаний обусловлена прежде всего реформированием отрасли, созданием заинтересованности инвесторов вкладывать капитал и стремлением образовывать конкурентные энергетические рынки, создавать частно – государственный капитал. При этом собственность в них представлена следующими видами: акционерные общества (ЗАО, ОАО), общество с ограниченной ответственностью (ООО), государственные концерны.

Государственный концерн – это объединение юридически самостоятельных предприятий под общим руководством. Для концерна характерны жесткий контроль входящих в объединение предприятий, единое организационное финансово-экономическое и научно-техническое управление из одного центра.

Широко используется в отрасли такая форма управления, как холдинговая компания – объединение предприятий на основе системы участия в акционерном капитале, при котором материн-

ская компания является держателем контрольного пакета акций других предприятий(дочерних компаний). Оно специализируется в управлении их финансовой и инвестиционной деятельности, развитием, кадровой политикой.

Для решения задач, связанных с электро- и теплоснабжением территорий, могут создаваться холдинги с участием государства и муниципальных органов. Подобные холдинги создаются в целях: контроля, координации планирования и участия в управлении инфраструктурой, привлечения инвестиций, стимулирования эффективности производства.

В современных условиях все больше проявляется потребности в структурных решениях, обеспечивающих инновационную деятельность, с применением программно-целевых форм управления, с построением новой схемы организации инновационной деятельности ТЭК региона.

Спрос на инновационную продукцию нужно стимулировать с помощью существенного госзаказа или развития муниципальных направлений инноваций, высокий спрос на которые гарантирован в силу местных условий.

Ключевыми факторами, определяющими инновационное развитие, являются: уровень инновационной активности хозяйствующих субъектов; объём ресурсов, направленных на развитие инновационной деятельности; имеющийся потенциал для инноваций; сложившийся уровень технологического развития для ТЭК региона

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственно-территориальное устройство России: реформирование регионального уровня / под.ред. В.И. Гришина, В.В. Кистанова. — М.: Финансы и статистика, 2007.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Сидорова Наталья Георгиевна — кандидат экономических наук, доцент, профессор, N0656@yandex.ru, Дальневосточный федеральный университет,
Сидоров Д.Е. — аспирант, Дальневосточный федеральный университет,
Романов Виктор Васильевич — кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой, Дальневосточный Федеральный университет, n0656@eandex.ru.

UDC 338.4

MODERN METHODS AND TOOLS FOR EVALUATING THE STRUCTURE OF FUEL AND ENERGY COMPLEX

Sidorova N.G., Candidate of economics, professor of economic theory chair of Far Eastern Federal University, Russia,

Sidorov D.E., Postgraduate student of accounting, analysis and audit chair of Far Eastern Federal University, Russia,

Romanov V.V., Head of Department, Associate Professor, and Candidate of Economic Sciences, Russia, Far Eastern Federal University, Russia.

Tools for evaluation of economic activity in terms of mixed economy for increasing the effectiveness of using the economic resources are considered in this article. Tools system for fuel and energy complex: energy saving, rationalizing of heat and energy consumption regimes, economic methods of stimulation the participant's program of innovative industry development are chosen according to particularities, goals and objects of manufacturing. Characteristics, principles, forms and kinds of tools and cooperation of economic sectors analysis methods are considered.

Key words: evaluating tools and methods of analysis, innovative manufacturing, effectiveness, rationality of structure, fuel and energy complex.

REFERENCES

1. *Gosudarstvenno-territorial'noe ustrojstvo Rossii: reformirovanie regional'nogo urovnja* (State-territorial structure of Russia: reform at the regional level) / pod.red. V.I. Grishina, V.V. Kistanova, Moscow, Finansy i statistika, 2007.

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРИМОРЬЕ

Рассмотрены проблемы развития геофизических исследований при изучении недр и поисках полезных ископаемых в Приморье. Показана роль геофизических изысканий на примере многолетних работ в крае, в том числе проведения методов повышенной глубинности. Основными проблемами дальнейшего развития геофизических исследований являются: продолжение, расширение и совершенствование геофизических работ; максимальное использование результатов ранее проведённых работ с применением новых современных способов обработки и истолкования полученных материалов; проведение комплексных геофизических исследований на площадях, не изученных разведочной геофизикой, включая, наряду с применяемыми ранее методами, внедрение крупномасштабной аэрогравиметрии, аэроэлектро-разведки и метода электрической томографии; оптимальная организация проведения геофизических исследований, включающая воссоздание специализированного государственного геофизического предприятия; решение проблемы подготовки геофизических кадров.

Ключевые слова: геофизические исследования, геофизические материалы, перспективные геофизические участки, нетрадиционный подход, аэрогравиразведка, аэроэлектро-разведка, электрическая томография, специализированное предприятие, геофизические кадры.

Геофизические исследования являются важнейшей составляющей комплекса геологоразведочных работ, направленных на поиски и разведку разнообразных полезных ископаемых в Приморье.

В период с 50-х годов до конца XX столетия на территории края проведён большой объём аэро- и наземных комплексных геофизических исследований, включающих методы гравиразведки, магниторазведки, различные модификации электроразведки, ядерно-физические методы, а также геофизические исследования скважин и скважинную геофизику. В концентрированном виде характеристика проведённых геофизических исследований приведена в работах [5, 7]. Проанализированные материалы указывают на решающую роль геофизических методов в изучении геологического строения территории края, выявлении и оценке рудоносных структур, объектов нерудных полезных ископаемых:

угля, бора, флюорита, строительных материалов, подземных вод. В результате работ было выявлено и изучено большое количество месторождений и рудопоявлений разнообразных полезных ископаемых. Важным направлением было изучение рудоносных структур и поиск скрытых месторождений методами повышенной глубинности (ВЭЗ ВП, СГ ВП, МПП, гравиразведки, сейсморазведки). Основные исследования проведены в Дальнегорском и Кавалеровском рудных районах [7]. В целом осуществлялись планомерные геофизические исследования, включающие как решение повседневных поисково-разведочных задач, так и развитие перспективных направлений.

Однако с 90-х годов XX столетия объёмы методов разведочной геофизики, как и всех геологоразведочных работ, существенно уменьшились. В начале 2000-х годов была ликвидирована специализированная Приморская геофизическая экспедиция, выполняющая в крае более 70 % геофизических работ и осуществляющая внедрение новых прогрессивных геофизических методов и методик проведения и истолкования результатов исследования, что является следствием кризисных явлений в российской экономике.

Рассмотрим проблемы развития геофизических исследований в существующих условиях. Отметим, что геологические задачи по развитию минерально-сырьевой базы по-прежнему являются актуальными. Поэтому геофизические исследования, как и все направления геологоразведочных работ, должны быть продолжены, но их объёмы подлежат существенному увеличению, а, следовательно, увеличению вкладываемых бюджетных и других видов средств.

Для успешного использования поисково-разведочных геофизических методов необходимо решить ряд проблем.

Первая проблема заключается в максимальном использовании результатов многолетних проведённых геофизических исследований. Необходимо всесторонне проанализировать полученные геофизические материалы с учётом новой геологической и горно-геологической информации, современных способов обработки и истолкования полученных данных с применением ЭВМ. В результате должна быть проведена переоценка материалов работ, выполненных в прошлые годы, и сделаны новые выво-

ды о перспективности аномальных объектов. Одновременно по такой же методике необходимо проанализировать накопленный арсенал перспективных геофизических участков первой и второй категорий (ПГУ-1, ПГУ-2), не оценённых к настоящему времени.

С учётом результатов геологической проверки, новых данных о геологическом строении и рудоносности участков должно быть проведено ранжирование их по степени перспективности.

В процессе переоценки результатов геофизических работ необходимо осуществлять нетрадиционный подход к оценке отдельных методов. При этом следует учитывать новые данные, получаемые в процессе проведения работ, результатов научных разработок по геофизической тематике. Примером является обнаружение Б.Л. Столовым глубинных аномалий естественного электрического поля (ЕП), рассмотренных в работах [5, 6]. По сложившимся представлениям методом ЕП фиксируются относительно неглубоко залегающие объекты (до первых десятков–сотен метров). Именно такие объекты выявлены методом ЕП в Приморском крае. Однако при анализе площадных работ в Фурмановском рудном районе была выявлена малоинтенсивная аномалия потенциала ЕП, фиксирующая аномальный объект на расчётной глубине 1,2–3 км. При обычной интерпретации результатов метода ЕП, осложнённых влиянием разнородных помех, выделение такого типа аномалий затруднено. Поэтому был предложен статистический метод анализа [1], позволивший решить поставленную задачу. Этот способ рекомендуется для выявления аналогичных аномалий на других площадях. Проблема изменений традиционных представлений о поисковых возможностях применяемых методов может быть и в других случаях. Это должно учитываться при истолковании материалов различных видов исследований.

Следующей проблемой проведения геофизических работ является необходимость осуществления комплексных геофизических исследований на площадях, не изученных разведочной геофизикой. При этом с учётом положительного опыта прошлых лет, могут быть использованы ранее применявшиеся и новые методы и методики. Представляется необходимым внедрение и проведение, в первую очередь на не исследованных геофизикой площадях, крупномасштабных аэрогеофизических работ, включающих, наря-

ду с ранее проводимой в крае АГСМ-магнитной съёмкой, аэрогравиметрические [3] и аэроэлектроразведочные исследования и, на некоторых участках, тепловую инфракрасную аэросъёмку (ТИ-КАС). Эти исследования осуществляет Геофизическое научно-производственное предприятие (ГНПП «Аэрогеофизика»), являющееся ведущей российской компанией и одним из мировых лидеров в проведении аэрогеофизических работ [2]. Характерной особенностью осуществляемых ГНПП «Аэрогеофизика» исследований является проведение работ с высокой точностью измерений, наличие совершенной современной аппаратуры, оперативная обработка материалов. Включение крупномасштабных (1:50 000 – 1:10 000) аэрогеофизических исследований несомненно повысит поисковую эффективность геофизических работ в целом.

Для детального изучения перспективных объектов необходимо продолжить внедрение метода электрической томографии, являющегося одним из эффективных методов поиска и разведки полезных ископаемых на глубинах до 100м. Основным назначением такой модификации является фактически «непрерывное» определение закономерностей изменения электрических свойств геологической среды по трём координатам. Новые цифровые комплексы, характеризующиеся высокой производительностью и многоэлектродной системой наблюдений с размещением большого количества электродов, управляемые полевым компьютером позволяют перейти от редких электрических зондирований к плотным системам наблюдений.

В результате работ при одной расстановке электродов на профиле получают полевую матрицу, где значения кажущихся сопротивлений по строкам отражают изменение электрических параметров среды при фиксированном разносе (способ электропрофилирования), а значения по столбцам – изменение параметров при разных разносах установки (способ электрического зондирования). Такая технология, несмотря на интегральную природу полей кажущихся сопротивлений и поляризуемостей, не является избыточной, а позволяет отслеживать и уменьшать влияние различных помех и в процессе интерпретации полевых материалов – детально исследовать структурное строение и физические свойства горных пород геологического разреза. Для повышения эффективности количественной интерпретации материалов формируются фоновые

геоэлектрические модели на участках исследования, используются критерии выделения электрических границ и локальных объектов, полученные на основе анализа результатов математического моделирования в горизонтально неоднородных средах.

К настоящему времени накоплен достаточный опыт по применению метода электрической томографии при изучении рудоперспективных структур [5], углеперспективных участков и угольных месторождений [4]. Благодаря плотной системе наблюдений и методике интерпретации в геологических разрезах выделены локальные структуры, маломощные пласты угля, тектонические нарушения даже при слабой дифференциации пород по удельному электрическому сопротивлению.

Важной проблемой дальнейшего эффективного применения комплекса геофизических методов для решения поисково-разведочных задач является оптимальная организация проведения исследований. Выше уже упоминалось о необходимости существенного увеличения ассигнований с соответствующим увеличением объёма геофизических работ. Как показывает опыт проведения работ советского периода, для успешного их проведения необходимо создания специализированного предприятия, которое будет выполнять основной объём геофизических исследований, в том числе на перспективу. Именно в рамках этого предприятия возможно развитие новых направлений исследований, оснащение высокоточными современными аппаратными комплексами, организация автоматизированной обработки и внедрение современных приёмов интерпретации материалов, проведение опытных и опытно-производственных работ по внедрению новых методов, методик при взаимодействии с ведущими геофизическими научно-исследовательскими организациями России.

Не менее важна проблема обеспечения квалифицированными геофизическими кадрами. В настоящее время в геолого-геофизических организациях всего Дальневосточного региона наблюдается старение кадров, отсутствие преемственности, слабое пополнение организаций молодыми специалистами.

В этом плане по меньшей мере нелогичным является уже третий год отсутствие приёма на геофизическую специальность в Инженерной школе ДВФУ. Это не способствует решению проблем развития геофизических исследований в Приморье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Демидович О.А. Выделение слабых геофизических аномалий статистическим способом. – М.: Недра, 1969. – 112 с.
2. Контарович Р.С., Бабаянц П.С. Аэрогеофизика – эффективный инструмент решения геолого-поисковых задач // Разведка и охрана недр, № 7, 2011.
3. Могилевский В.Е., Контарович О.Р. Аэрогравиметрия – инновационная технология в геофизике // Разведка и охрана недр, № 7, 2011.
4. Мяснин В.Ч., Калинин И.В., Шкабарня Н.Г. Изучение структурно-тектонического строения угольных разрезов методом электрической томографии // Горный журнал. – М.: Руда и металлы, № 12, 2006. – С. 16–20.
5. Столов Б.Л., Шкабарня Н.Г., Смолин В.А. Электроразведочные исследования при изучении рудоносных структур Приморья // Геофизика. – М.: Полипресс, № 4, 2012. – С. 19–27.
6. Столова Б.Л., Каштаев Б.И., Бардина Э.С. Перспективы и основные направления развития метода естественного электрического поля в Приморском и Хабаровском краях // Вестник Инженерной школы ДВФУ. – Владивосток, № 3 (16), 2013. – С. 21-29.
7. Столов Б.Л., Шкабарня Н.Г. Состояние и перспективы развития рудной геофизики в Приморье // Вестник ДВО РАН. – Владивосток, № 2, 2001. – С. 47-62.
8. Столов Б.Л., Шкабарня Н.Г. Методика исследования рудоносных структур Приморья методами электроразведки // Проблемы освоения ресурсов Дальнего Востока. Выпуск 3. – М.: издательство «Горна книга». – 2013. – №6. – С. 107-112.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Столов Борис Лазаревич – кандидат геолого-минералогических наук, доцент, borstol@mail.ru, Дальневосточный федеральный университет.

Шкабарня Николай Григорьевич – доктор технических наук, профессор shkabarnya@mail.ru, Дальневосточный федеральный университет.

Мирзаханов Гаджи Сиражудинович – доктор геолого-минералогических наук, доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник Института горного дела ДВО РАН.

UDC 550.834

PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF GEOPHYSICAL RESEARCH IN PRIMORYE

Stolov B.L., Candidate of geological-mineralogical Sciences, associate Professor borstol@mail.ru, Russia, Far Eastern Federal University,

Shkabarnya N.G., Doctor of technical Sciences, Professor shkabarnya@mail.ru, Far Eastern Federal University, Russia,

Mirzehanov G.S., doctor of geological-mineralogical Sciences, chief researcher of the Institute of mining, FEB RAS, Khabarovsk, Russia,

Problems of development of geophysical research in the study of subsoil and mineral exploration in Primorye. The role of geophysical survey at the example of long-term work in the region, including conducting methods increased depths. The main issues for further development of geophysical research are: the continuation, expansion and improvement of geophysical operations; the maximum use of the results of previous work with the use of new modern methods of processing and interpretation of the obtained materials; conducting integrated geophysical studies on areas, have not been studied exploration Geophysics, including, along with previously used methods, the introduction of large-scale aiding airborne gravimetry, Aero-electromagnetic prospecting method and electrical tomography; the optimal organization of surveys, including the reconstruction of the specialized state geophysical enterprise; solution preparation geophysical personnel.

Key words: geophysical research, geophysical materials, advanced geophysical areas, non-traditional approach, aerogravimetry, Aero-electromagnetic prospecting, electrical tomography, specialized enterprise, geophysical personnel.

REFERENCES

1. Demidovich O.A. *Vydelenie slabych geofizicheskikh anomalij statisticheskim sposobom* (Detecting the weak geophysical anomalies statistical way), Moscow, Nedra, 1969, 112 p.
2. Kontarovich R.S., Babajanc P.S. *Ajerogeofizika – jeffektivnyj instrument reshenija geologo-poiskovyh zadach* (The airborne Geophysics is an effective tool for solving exploration problems), *Razvedka i ohrana neдр*, No 7, 2011.
3. Mogilevskij V.E., Kontarovich O.R. *Ajerogravimetrija – innovacionnaja tehnologija v geofizike* (Aerogravimetry - innovative technology in Geophysics), *Razvedka i ohrana neдр*, No 7, 2011.
4. Mjasnin V.Ch., Kalinin I.V., Shkabarnja N.G. *Izuchenie strukturno-tektonicheskogo stroenija ugol'nyh razrezov metodom jelektricheskoy tomografii* (The study of the structural-tectonic structure of the coal mines by the method of electrical tomography Gorn), *Gornyj zhurnal*, Moscow, Ruda i metally, No 12, 2006, pp. 16—20.
5. Stolov B.L., Shkabarnja N.G., Smolin V.A. *Jeletrozvedochnye issledovanija pri izuchenii rudonosnyh struktur Primor'ja* (Elektrozvedka studies of ore-bearing structures of Primorye), *Geofizika*, Moscow, Polipress, No 4, 2012, pp. 19—27.
6. Stolova B.L., Kashtaeв B.I., Bardina Je.S. *Perspektivy i osnovnye napravlenija razvitija metoda estestvennogo jelektricheskogo polja v Primorskom i Habarovskom krajah* (Perspectives and main directions of development of the method of the natural electric field in the Primorsky and Khabarovsk territories), *Vestnik Inzhenernoj shkoly DVFU, Vladivostok*, No 3 (16), 2013, pp. 21-29.
7. Stolov B.L., Shkabarnja N.G. *Sostojanie i perspektivy razvitija rudnoj geofiziki v Primor'e* (The state and prospects of development of the ore Geophysics in Primorye), *Vestnik DVO RAN, Vladivostok*, No 2, 2001, pp. 47-62.
8. Stolov B.L., Shkabarnja N.G. *Metodika issledovanija rudonosnyh struktur Primor'ja metodami jeletrozrazvedki* (Research methodology ore-bearing structures of Primorye methods of electrical prospecting), *Problemy osvoenija resursov Dal'nego Vostoka*, Vypusk 3, Moscow, izdatel'stvo «Gorna kniga», 2013, No 6, pp. 107-112.

ОПЫТ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИМОРСКОГО КРАЯ В ЦЕЛЯХ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Рассмотрены вопросы организации системы мониторинга территории Приморского края в целях оптимизации пользования ресурсами и государственного управления.

Ключевые слова: инфраструктура пространственных данных, ГАИС, ФИАС, ЕГРП, ГКН, ГЛОНАСС, ДЗЗ, мониторинг территории края.

Согласно Концепции создания и развития инфраструктуры пространственных данных РФ, исполнялась долгосрочная целевая программа «Информационное общество», имеющая свой перечень мероприятий и бюджет. В рамки этой программы были введены процедуры, которые нацелены на развитие инфраструктуры пространственных данных Российской Федерации (ИПД РФ). В связи с этим, органам власти Субъектов РФ должно уделяться все больше внимания внедрению в свою практическую работу информационных технологий, позволяющих проводить эффективный анализ всего объема информации и принимать комплексные управленческие решения.

Приморский край стал одним из первых регионов, который уже проводит полномасштабное внедрение многофункциональной информационной системы в свою повседневную управленческую и хозяйственную деятельность.

Так, в перечне мероприятий краевой долгосрочной целевой программы «Формирование информационного общества в Приморском крае» на 2011—2014 годы в частности выполняется создание инфраструктуры пространственных данных:

- развитие нормативно правовой базы, инвентаризация существующих пространственных данных, создание базы данных — метаданных (данные о данных);

- формирование геопортала органов государственной власти Приморского края

— использование информационно-коммуникационных технологий в образовании и науке, повышение компьютерной грамотности государственных, муниципальных служащих и работников бюджетной сферы.

Проект также реализуется в соответствии с распоряжением Администрации Приморского края «Об утверждении Плана мероприятий по формированию инфраструктуры пространственных данных Приморского края» №258-ра от 24.09 2012. В настоящий момент разрабатывается новое распоряжение о вводе в опытную эксплуатацию информационной системы геопространственного обеспечения устойчивого управления Приморского края **«Инфраструктура Пространственных Данных Приморского края»**, утверждающее порядок работы с информационной системой, в частности в распоряжении будут определены состав информации, вносимой каждым органом власти — участником инфраструктуры пространственных данных, а также состав информации, которая будет предоставляться в режиме публичного доступа хозяйствующим субъектам, в том числе предпринимателям.

Внедрение информационной системы стало возможным в связи с ориентацией руководства Приморского края на инновационные инструменты и методы управления субъектом, а также в связи с пониманием ответственности перед исполнением майских Указов Президента РФ, нацеленных на устойчивое социально-экономическое развитие, повышение качества жизни населения и совершенствование системы государственного управления.

На базе соглашения администрации Приморского края, Дальневосточного Федерального университета и ГИС-Ассоциации РФ во Владивостоке проводятся Всероссийские конференции по формированию и структуре ИПД РФ и Субъектов Российской Федерации. Первая конференция была проведена в 2011 году, далее в 2013 году и должна состояться 17-19 июня 2014 года на базе Дальневосточного Федерального университета. На этот раз конференция будет совмещена с XXI форумом ГИС, посвященном теме: «Рынок геоинформатики России: становление Инфраструктуры пространственных данных РФ в регионах и муниципалитетах России». Решения конференций, взаимодействие с ведущими специалистами и разработками экспертной группы ГИС-Ассоциации текста проекта типового Положения об ИПД

субъекта РФ (<http://gisa.ru/84614.html>), позволило приступить к практическим шагам в реализации построения ИПД Приморского края в целях государственного управления.

Департаментом, ответственным в администрации края за исполнение проекта, стал Департамент информатизации и телекоммуникаций Приморского края. Указанный орган власти курирует создание и развитие информационно-телекоммуникационной инфраструктуры региона, элементом которой и является информационная система «Инфраструктура пространственных данных».

Основными целями и задачами создаваемой информационной системы являлись:

- Повышение экономического роста региона, за счет увеличения инвестиционной привлекательности территории региона;
- Повышение налогооблагаемой базы с помощью полной инвентаризации земель всех категорий;
- Повышение качества управленческой деятельности и межведомственного взаимодействия;
- Обеспечение эффективного использования ресурсов и финансовых средств, выделяемых из федерального и регионального бюджетов;
- Развитие механизмов обеспечения безопасности, и эффективного реагирования в случае чрезвычайных ситуаций;
- Планирование рационального использования и охраны объектов окружающей среды.

В качестве основного исполнителя по созданию и внедрению системы стала фирма ИТЦ «СКАНЭКС» и ООО «Центр ПрограммСистем».

Опыт работы ИТЦ «СКАНЭКС» с федеральными органами исполнительной власти и администрациями ряда регионов Российской Федерации, понимание их основных проблем и задач, позволяет компании проводить эффективное внедрение информационных систем с учетом специфики конкретного региона.

Для этих целей была разработана информационная геоаналитическая информационная система «ТРИВИУМ» (далее — ГАИС).

Проектирование ГАИС осуществлялось:

- с учетом принципов организации Региональной Инфраструктуры Пространственных Данных, обозначенными в «Концепции создания и развития инфраструктуры пространственных

данных Российской Федерации», одобренной распоряжением Правительства Российской Федерации от 21 августа 2006 г. N 1157-р. Согласно этому распоряжению, *ИПД — это территориально распределенная система сбора, обработки, хранения и предоставления потребителям пространственных данных,*

- в соответствии с рекомендациями, указанными в «Типовой региональной целевой программе внедрения спутниковых навигационных технологий с использованием системы ГЛОНАСС и других результатов космической деятельности в интересах социально-экономического и инновационного развития субъекта Российской Федерации».

Таким образом, в основу ГАИС заложены принципы комплексного управления регионом и оперативного контроля над качеством хозяйственной деятельности и состоянием объектов учета, основанные на:

- обеспечении централизованного, оперативного доступа и использования федеральных (в том числе к Федеральной информационной адресной системе (ФИАС), Единому государственному реестру прав (ЕГРП), Государственному кадастру недвижимости (ГКН), Федеральной государственной системе территориального планирования (ФГИС ТП)) региональных и ведомственных информационных ресурсов для комплексного информационного обеспечения деятельности органов власти и бизнеса;

- структуризации и приведении к единым стандартам ведомственной информации;

ГАИС построена по модульному принципу. Что позволяет внедрять ее сначала в той конфигурации, которая обеспечит решение наиболее важных задач региона. По мере необходимости любой департамент краевого органа исполнительной власти и местного самоуправления может подключиться к единому информационному пространству.

Возможности Системы позволяют на ее основе провести общую интеграцию уже существующих ведомственных тематических БД в единое информационное пространство. Что обеспечивает возможность внедрения системы без кардинального пересмотра и реформирования, уже используемых производственных инструментов и сложившихся межведомственных отношений.

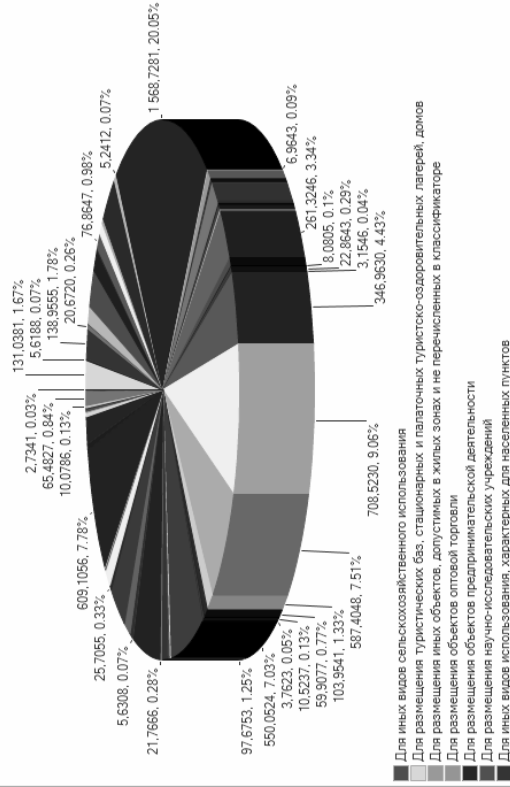
В случае внедрения ГАИС в Приморском крае, Губернатором были определены следующие конкретные приоритетные направления:

- Инвентаризация и паспортизация земель всех категорий и объектов недвижимости;
- Контроль за использованием сельскохозяйственных земель;
- Контроль за ведением и выявлением нарушений в области лесного хозяйства;
- Выявление неиспользуемых и незаконно занятых земель.

Исходя из этого, общие характеристики системы характеризовались так:

- Система создана на базе данных ДЗЗ, разномасштабных географических карт, кадастровой, а также ведомственной предметной информации, имеющейся у Заказчика. Она обеспечивает доступ к открытым сервисам, публикуемым федеральными органами исполнительной власти Российской Федерации (в том числе к данным, публикуемым Росреестром);
- Система предоставляет возможность совместного доступа и использования информации, имеющейся в отраслевых департаментах Приморского края. Теперь информация, находящаяся в Департаменте имущественных и земельных отношений оперативно используется Департаментом сельского хозяйства и продовольствия, Департаментом лесного хозяйства. Данные Департамента лесного хозяйства могут использоваться Департаментом природных ресурсов и охраны окружающей среды и т.д.;
- Система позволяет создавать и редактировать тематические векторные данные; осуществляет их экспорт-импорт в различные ГИС-форматы;
- Включает в себя, конструктор шаблонов отчетов (с возможностью построения таблиц и диаграмм) для формирования управленческой отчетности, рис.1;
- Содержит мобильный модуль, позволяющий формировать структурированный информационный блок «с места событий» (содержащий фото и видео – материалы). Используется для патрулирования объектов и передачи оперативной информации о них (космический патруль).

Диаграмма "Вид разрешенного использования, ПлощадьНаКарте"



Отчет по показателю "Динамика (дата принятия решения о включении в реестр)
за 01.03.2013 - 17.01.2014

Объект	01.03.2013	01.04.2013	01.05.2013	01.06.2013	01.07.2013	01.08.2013	01.09.2013	01.10.2013	01.11.2013	01.12.2013
	Значение	Значение	Значение	Значение	Значение	Значение	Значение	Значение	Значение	Значение
Артемовский округ	1,0000	4,0000	1,0000	6,0000	1,0000	1,0000	4,0000	1,0000	2,0000	1,0000
Владивостокский округ		6,0000	7,0000	4,0000	2,0000	2,0000	2,0000			4,0000
Итого	1,0000	10,0000	8,0000	10,0000	3,0000	3,0000	4,0000	1,0000	2,0000	5,0000

В ГАИС Приморского края содержится, следующая векторная информация, позволяющая проводить комплексный анализ территорий:

- территориально-административное деление Приморского края;
- поверхностные водные объекты – гидрография;
- магистральная дорожная сеть, железные дороги;
- объекты кадастрового деления (земельные участки, с их описательными характеристиками: тип и назначение объектов, их статус и владелец);
- картографическая часть материалов генеральных планов муниципальных образований;
- особо охраняемые природные территории, заповедники, заказники;
- лесоустроительная информация: границы лесничеств, лесных кварталов, планы лесонасаждений, таксационные описания, зоны планируемого освоения лесов;
- сельскохозяйственные данные: инвентаризация сельскохозяйственных угодий, реестр сельскохозяйственных товаропроизводителей.

Эффективность использования ГАИС:

С 1 января 2014 г. Вступает в действие Закон Приморского края №250-кз «О предоставлении земельных участков для жилищного строительства». В задачи муниципалитетов входит поиск/определение территорий для формирования земельных участков и их последующего предоставления молодым и многодетным семьям.

ГАИС помогает ускорить решение этой задачи как на этапе подбора земельных участков, так и на этапе их оформления. При подборе участков проводится анализ статуса участка, поскольку, желательно использовать не только муниципальные земли, для которых нередко требуется проведение процедуры оформления права собственности, но и, что более предпочтительно, определить земельные участки из неразграниченных земель.

Департамент сельского хозяйства, в своей работе для мониторинга и управления землями, активно использует подробный реестр земель (содержащийся в ГАИС) с их описательными характеристиками: границами, площадью, статусом, используемо-

стью и т.д. Сопоставление этих и других показателей, оптимизирует работу и принятие хозяйственных решений.

Вовлечение неиспользуемых земель в инвестиционные проекты.

В условиях, возрастающей конкуренции регионов за инвестиции, особенно важным становится оперативное получение актуальной и достоверной информации о землях пригодных для использования в региональных или муниципальных инвестиционных проектах.

Теперь, используя возможности ГАИС, муниципалитеты могут проводить оперативную работу по выявлению неиспользуемых земель, пригодных для инвестиционных проектов, впервые получив инструмент для управления одним из самых главных своих активов – землей. Таким образом, в каждом муниципалитете создается земельный пул из участков, которые могут быть предложены потенциальным инвесторам. Обладая этим простым инструментом, муниципалитеты за очень короткое время имеют возможность полностью перестроить свою работу с физическими и юридическими лицами-землевладельцами и землепользователями, формируя наиболее привлекательные условия для реализации муниципальных или краевых инвестиционных проектов.

Новые возможности для пополнения налогооблагаемой базы.

С помощью ГАИС ТРИВИУМ выявляются:

1. Земельные участки, поставленные на кадастровый учет, но не используемые по целевому назначению.
2. Земельные участки используемые, но не поставленные на учет.
3. Земельные участки используемые, но землепользователь не известен.

Когда местные администрации получают возможность определения, какие конкретные физические или юридические лица работают на конкретных полях, практически неизбежно выявляются поля, на которых сельскохозяйственная деятельность ведется, но информация о землепользователе отсутствует. Подобная ситуация может проявиться, только при сплошной инвентаризации полей и сельхозтоваропроизводителей, что обеспечивает использование ГАИС ТРИВИУМ. Обнаружение этих полей – это еще один резерв пополнения местных бюджетов.

Объекты на карте

Ств Соф Пог Плс Тел Слс Пов

Тематики по площадным объектам

Данные тематик Легенда Анализ

Область анализа:

<< Дата: 20.01.2014 >>

Год Месяц

Группа показателей:

Дата: 20 Первоначальное заполнение

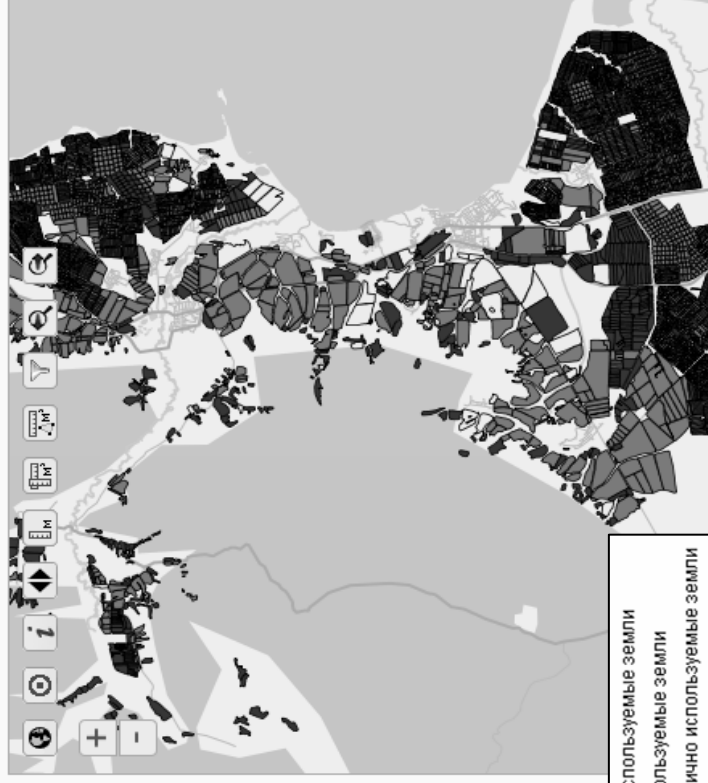
Объекты: X

☒ Круговая ☐ Гистограмма

Тематический показатель:

Итого:

■ Неиспользуемые земли
■ Используемые земли
□ Частично используемые земли



Результаты внедрения первой очереди системы позволяют утверждать, что по завершении построения региональной ИПД, управление Приморским краем и развитие его экономики примут новый качественный уровень, за счет:

- создания и развития региональной информационной инфраструктуры пространственных данных, обеспечивающей интеграцию данных;
- расширения номенклатуры и повышения качества оказываемых электронных услуг населению;
- повышения уровня квалификации и профессиональной подготовки государственных служащих и работников бюджетной сферы;
- создания регионального картографического и ДЗЗ покрытия, обеспечивающего оперативный мониторинг и управление ключевыми отраслями экономики Приморского края;
- создания региональной системы мониторинга критически важных объектов и опасных природных явлений.

В целом, это будет способствовать прозрачности принятия решений в государственном управлении территорией и формированию привлекательной «дорожной карты инвестиций», что и является эффективным и инновационным подходом к развитию региона.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Потапова Татьяна Леонидовна – заместитель директора Департамента информатизации и телекоммуникаций Приморского края, администрация Приморского края, Potapova_TL@primorsky.ru,

Усольцева Людмила Александровна – доцент кафедры Горного дела и комплексного освоения георесурсов Инженерной школы Дальневосточного федерального университета, l.a.usoltseva@gmail.com.

UDC 35

**THE EXPERIENCE OF THE FORMATION OF SPATIAL DATA
INFRASTRUCTURE ON THE TERRITORY OF PRIMORSKY KRAI
FOR PUBLIC ADMINISTRATION**

Potapova Tatyana Leonidovna, Deputy Director of the Department of information and telecommunications Primorsky Krai, Primorsky Krai, Potapova_TL@primorsky.ru, Russia,

Usoltseva Lyudmila Alexandrovna, associate Professor of the Department of Mining and integrated development is analyzed in the Engineering school of the far Eastern Federal University, l.a.usoltseva@gmail.com, Russia.

Questions of organization of the system of monitoring the Primorsky territory in order to optimize the use of resources and governance.

Key words: spatial data infrastructure, AIS, FIAS, EGRP, GKN, GLONASS, remote sensing, monitoring the region.



УДК 622.02

© А.Ю. Чебан, Н.П. Хрунина, С.И. Корнеева,
Ю.А. Васянович, А.В. Жуков, 2014

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАРЬЕРНЫХ КОМБАЙНОВ В КОМПЛЕКТЕ С АВТОСАМОСВАЛАМИ

Приведены обобщенные данные по эксплуатационной производительности различных моделей карьерных комбайнов фирмы Wirtgen в зависимости от прочности разрабатываемых горных пород. Предлагается усовершенствованная схема автоматизированного загрузочного комплекса для работы совместно с карьерным комбайном и автосамосвалами, позволяющая значительно снизить простои горной техники и увеличить ее производительность.

Ключевые слова: разработка месторождений, эксплуатационная производительность, автоматизированный загрузочный комплекс, дистанционное управление.

В последние десятилетия широкое распространение получили карьерные комбайны, обеспечивающие механическое рыхление плотных, полускальных и легко разрабатываемых скаль-

ных горных пород, их дробление и погрузку в транспорт с достаточно высокой производительностью [1—3]. Карьерные комбайны обеспечивают качественную селективную выемку при разработке сложноструктурных месторождений, позволяют применять конвейерный транспорт без дополнительной предварительной подготовки (дробления) вынудой горной массы, могут разрабатывать маломощные прослои полезного ископаемого, которые при традиционной технологии были бы отправлены в отвал пустой породы.

В России в основном применяют карьерные комбайны фирмы Wirtgen, реже используются машины «Krupp», «MAN Takraf» и некоторых других фирм. Большое количество карьерных комбайнов Wirtgen работают на добыче угля, бокситов, фосфоритов, цементного сырья, гипса и других полезных ископаемых на карьерах, расположенных в десятках странах мира. После обобщения результатов эксплуатации комбайнов на карьерах мира были выявлены зависимости эксплуатационной производительности этих машин от предела прочности на сжатие разрабатываемых горных пород, рис.1 [4].

Преимущество технологии с применением карьерных комбайнов, по сравнению с традиционной технологией, предусматривающей проведение буровзрывных работ, можно еще более увеличить за счет устранения простоев карьерного комбайна во время замены автосамосвалов и снижения простоев автосамосвалов под загрузкой. Как показывает анализ данных по простоям карьерных комбайнов во время замены автосамосвалов, производительность комбайна снижается на 12-28 % в зависимости от производительности комбайна и грузоподъемности автосамосвала [5]. Так на месторождении «Каражира» в Казахстане при использовании карьерного комбайна Wirtgen 3000SM со средней производительностью добычи угля — 470–560 т/ч время погрузки автосамосвала БелАЗ-540 комбайном изменялось от 1,5 до 2,2 мин., составляя в среднем 1,8 мин, при этом время обмена автосамосвалами составляло до 0,7 минут [2]. Как правило, в комплексе с карьерным комбайном работают 3-6 автосамосвалов, число которых зависит от грузоподъемности и дальности транспортировки горной массы. При этом наибольшие удельные простои комбайнов при замене автосамосвалов происходят при раз-

работке горных пород малой прочности, таких как мергель, гипс или уголь, когда производительность комбайна максимальна, и он быстро заполняет кузов автосамосвала горной массой.

Обеспечить безостановочную работу комбайна при замене автосамосвалов и снижение простоев автосамосвалов под загрузкой можно за счет включения в технологическую схему загрузочного устройства. Известные конструкции загрузочных устройств [6], созданные для работы с крупными горными машинами, не подходят для применения в комплекте с карьерными комбайнами. Это связано с тем, что высота консоли разгрузочного конвейера комбайна не на много больше высоты бортов автосамосвалов, а для наполнения загрузочного устройства традиционной конструкции требуется примерно вдвое большая высота загрузки, поскольку карьерный автосамосвал заезжает под бункер загрузочного устройства.

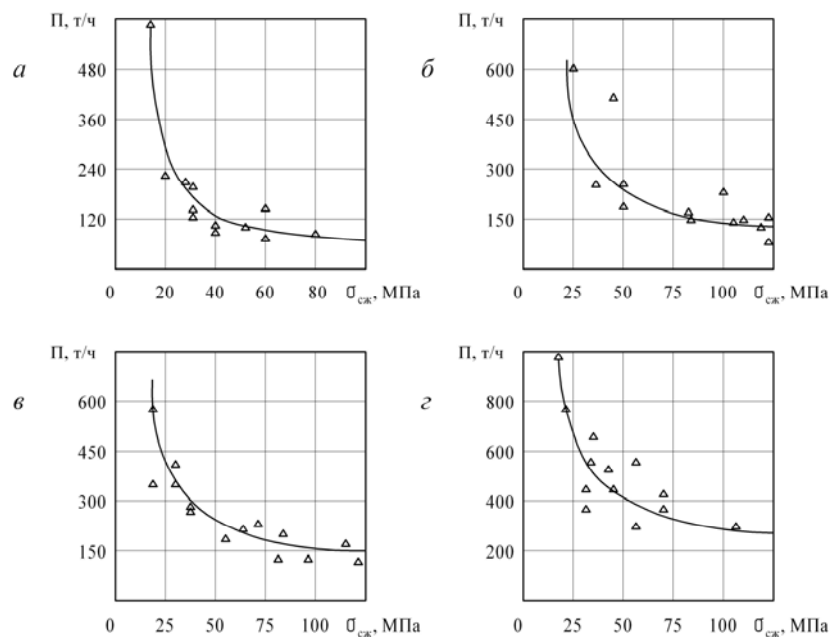


Рис. 1. Графики зависимости эксплуатационной производительности карьерных комбайнов Wirtgen от предела прочности породы на сжатие: а – модель 2100SM; б – модель 2600SM; в – модель 2200SM; г – модель 2500SM

В ИГД ДВО РАН разработан способ загрузки горной массы в автосамосвалы и автоматизированный загрузочный комплекс для осуществления данного способа, устраняющий вышеперечисленные недостатки [7]. Способ загрузки реализуется следующим образом. Карьерный комбайн, перемещаясь вдоль забоя, разрабатывает горную породу и транспортирует ее по разгрузочному конвейеру 1 в бункер 2 автоматизированного загрузочного комплекса, рис. 2.

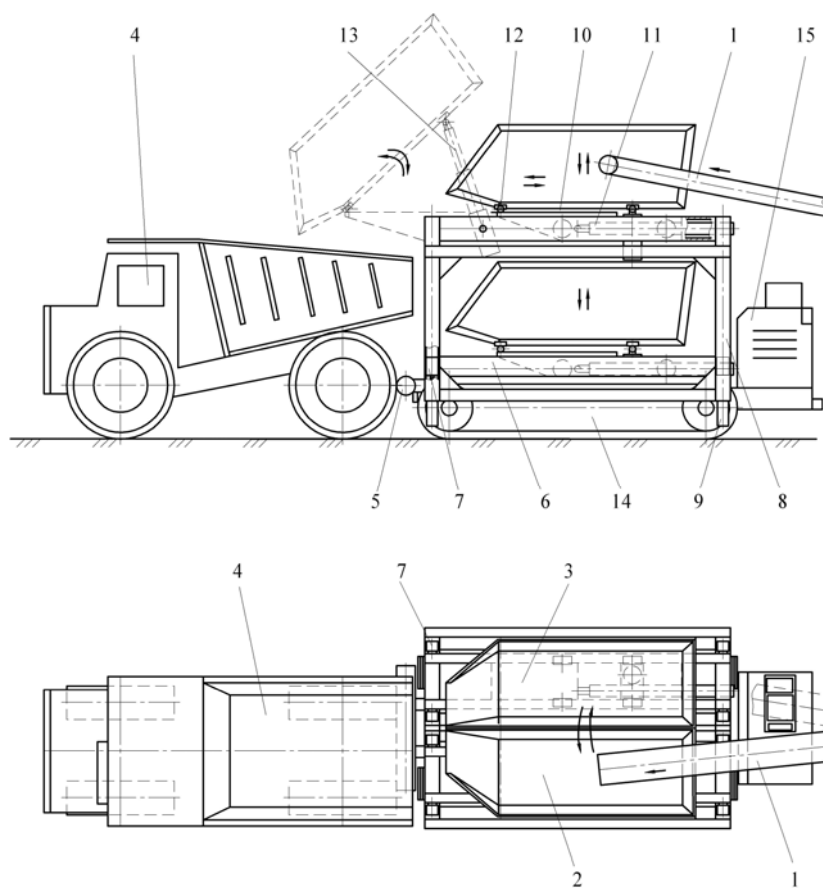


Рис. 2. Автоматизированный загрузочный комплекс для работы в комплексе с карьерным комбайном и автосамосвалами

Загрузочный комплекс движется вслед за комбайном и дистанционно управляется от него. В начальном положении оба бункера 2 и 3 находятся в нижнем положении. При полной загрузке бункера 2 срабатывают датчики грузоподъемности, расположенные на днище бункера, на отключение загрузки. Конвейер 1 карьерного комбайна, закончив загрузку бункера 2, перемещается в сторону бункера 3 и начинает его загрузку. Осуществление независимых процессов перемещения бункеров 2 и 3 происходит одновременно с рабочим процессом карьерного комбайна. Автосамосвал 4, двигаясь задним ходом, упирается в буфер 5 загрузочного комплекса, срабатывает датчик и автоматической системой подается команда на погрузку горной массы из бункера 2 в кузов автосамосвала 4. В это время бункер 2 установленный на раме 6 с помощью опор скольжения 7, которые входят во взаимодействие с вертикальными направляющими 8 рамы, перемещается в вертикальной плоскости механизмами вертикального перемещения 9. Когда рама 6 бункера 2 достигнет своего крайнего верхнего положения, каретка 10 бункера 2 с помощью механизма горизонтального перемещения 11 сдвигается в сторону автосамосвала 4 и посредством шарнирной связи 12 с кареткой 10 и телескопического механизма поворота 13 поворачивается в вертикальной плоскости для загрузки автосамосвала. Затем бункер 2 перемещается в исходное нижнее положение. После загрузки бункера 3 конвейер 1 позиционируется над бункером 2 и вновь начинает его загрузку. Загруженный автосамосвал 4 отъезжает от загрузочного комплекса, а на его место подъезжает новый автосамосвал, загрузка которого происходит аналогичным образом из бункера 3. Привод гусеничной ходовой части 14 и гидравлической системы загрузочного комплекса осуществляется от двигателя внутреннего сгорания 15. Способ загрузки горной массы в автосамосвалы с использованием автоматизированного загрузочного комплекса позволяет обеспечить непрерывность работы карьерного комбайна и перегрузки горной массы, снижает время простоя автосамосвалов под погрузкой, не требует специального горного рабочего для управления загрузочным комплексом, так как все работы по загрузке автосамосвалов ведутся в автоматическом режиме. Кинематическая схема перемещения бункеров позволяет производить их загрузку в нижнем положении имеющи-

мися на карьерных комбайнах конвейерами, безударно и равномерно производить загрузку автосамосвалов.

На Дальнем Востоке Российской Федерации открытым способом разрабатывается значительное число месторождений различных полезных ископаемых. В настоящее время при разработке месторождений в основном применяются традиционные технологии с использованием буровзрывных работ и горного оборудования циклического действия [8, 9], некоторые из этих месторождений экономически целесообразно разрабатывать с применением карьерных комбайнов.

Предлагаемое усовершенствование циклично-поточной технологии с использованием карьерных комбайнов, автоматизированных загрузочных комплексов и автосамосвалов позволит увеличить производительность горного оборудования, снизить себестоимость добычи полезных ископаемых и повысить рентабельность горного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пихлер М., Панкевич Ю.Б. Комбайны Wirtgen Surface Miner на открытых горных работах: История развития, масштабы применения и перспективы расширения // Горная промышленность. – 2009. — №2. — С. 54-57.
2. Панкевич Ю.Б., Шимм Б., Дженге П. Опыт применения горных комбайнов Wirtgen Surface Miner на угольных разрезах мира / Горная промышленность. 1999. — №3. — С. 46-52.
3. Чебан А.Ю. Применение фрезерных комбайнов в строительстве и на добыче строительных материалов // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2012. — №3. – С. 105-108.
4. Чебан А.Ю. О целесообразности внедрения послыйно-полосовых технологий при разработке месторождений цементного сырья в Дальневосточном регионе // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. — №10. С. 53-58.
5. Шемякин С.А., Чебан А.Ю., Клигунов Е.С. Повышение эффективности послыйно-полосовой технологии открытых горных работ с применением выемочных машин фрезерного типа и скреперов // Горный журнал. — 2003. — №4-5. С. 48-50.
6. Пат. 2257330, РФ. Загрузочное устройство для загрузки автомобиля-самосвала / Ю.Д. Тарасов, В.Ю. Коптев. — № 2003133032/11; заявл. 11.11.2003, опубл. 27.07.2005, Бюл. № 21. — 6 с.: ил.

7. Пат. 2530962, РФ. Способ загрузки горной массы в автосамосвалы и комплекс для осуществления погрузки / А.Ю. Чебан, С.А. Шемякин, Н.П. Хрунина. — № 2013138773/03; заявл. 20.08.2013., опубл. 20.10.2014, Бюл. №29. — 8 с.: ил.

8. Рассказов И.Ю., Чебан А.Ю., Литвинцев В.С. Анализ технической оснащенности горнодобывающих предприятий Хабаровского края и Еврейской автономной области // Горный журнал. — 2013. №2. С. 30-34.

9. Чебан А.Ю., Секисов Г.В., Хрунина Н.П. Структурный анализ технических средств, задействованных при добыче строительных горных пород на юге Дальневосточного региона // Горная промышленность 2013. №4. С. 26-29.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Чебан А.Ю. — кандидат технических наук, научный сотрудник, chebanay@mail.ru, ИГД ДВО РАН,

Хрунина Наталья Петровна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, npetx@mail.ru, ИГД ДВО РАН,

Корнеева Светлана Ивановна — кандидат технических наук, ученый секретарь, s_korneeva@mail.ru, ИГД ДВО РАН,

Васянович Юрий Анатольевич — доктор технических наук, профессор, Дальневосточный федеральный университет.

Жуков Анатолий Васильевич, доктор технических наук, профессор, Дальневосточный федеральный университет.

UDC 622.02

IMPROVEMENT OF PROCESS FLOW DIAGRAMS USING A SURFACE MINER WITH DUMP TRUCKS

Cheban A.Yu., Candidate of technical Sciences, researcher of the laboratory of problems of the OS is properly absorbed fields in an open way, Mining Institute Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences., Khabarovsk, chebanay@mail.ru, Russia,

Khrunina N.P., Candidate of technical Sciences, senior researcher of the laboratory of problems of development of alluvial deposits, Mining Institute Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences., Khabarovsk, npetx@mail.ru, Russia,

Korneeva S.I., Candidate of technical Sciences, scientific Secretary, Mining Institute Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences., Khabarovsk, s_korneeva@mail.ru, Russia,

Vasyanovich Yu.A., Doctor of technical Sciences, Professor, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia.

Zhukov A.V., Doctor of technical Sciences, Professor, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia.

The article presents summary data on operational performance of various models of surface miner company Wirtgen depending on the strength of rocks. An improved scheme of automatic startup complex to work in conjunction with career Shearer and dump trucks, allows you to significantly reduce the downtime of mining equipment and increase its productivity.

Key words: mining, operational performance, automated loading system, remote control.

REFERENCES

1. Pihler M., Pankevich Ju.B. *Kombajny Wirtgen Surface Miner na otkrytyh gornyh rabotah: Istorija razvitiya, masshtaby primeneniya i perspektivy rasshireniya* (Surface Miner in surface mining: History of development, utilization and prospects for the expansion of Gorn), Gornaja promyshlennost', 2009, No 2, pp. 54-57.
2. Pankevich Ju.B., Shimm B., Dzhenge P. *Opyt primeneniya gornyh kombajnov Wirtgen Surface Miner na ugol'nyh razrezah mira* (Experience in the use of mining machines Wirtgen Surface Miner in coal mines in the world), Gornaja promyshlennost', 1999, No 3, pp. 46-52.
3. Cheban A.Ju. *Primenenie frezernyh kombajnov v stroitel'stve i na dobyche stroitel'nyh materialov* (Application milling harvesters in the construction and production of construction materials), Vestnik Tihookeanskogo gosudarstvennogo universiteta, 2012, No 3, pp. 105-108.
4. Cheban A.Ju. *O celesoobraznosti vnedreniya poslojno-polosovyh tehnologij pri razrabotke mestorozhdenij cementnogo syr'ja v Dal'nevostochnom regione* (On the feasibility of introducing a layer-by-layer bandpass technologies in the development of deposits of cement raw materials in the far East), Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten', 2013, No 10, pp. 53-58.
5. Shemjakin S.A., Cheban A.Ju., Kligunov E.S. *Povyshenie jeffektivnosti poslojno-polosovoj tehnologii otkrytyh gornyh rabot s primeneniem vyemochnyh mashin frezernogo tipa i skreperov* (Improving the efficiency of layer-by-layer band-pass technology surface mining with the use of excavation machines, milling type and scraper), Gornyj zhurnal, 2003, No 4-5. pp. 48-50.
6. Tarasov Ju.D., Koptev V.Ju. Pat. 2257330, RF. *Zagruzochnoe ustrojstvo dlja zagruzki avtomobilja-samosvala*, No 2003133032/11; zajavl. 11.11.2003, opubl. 27.07.2005, Bjul. No 21, 6 p.: il.
7. Cheban A.Ju., Shemjakin S.A., Hrunina N.P. Pat. 2530962, RF. *Sposob zagruzki gornoj massy v avtosamosvaly i kompleks dlja osushhestvleniya pogruzki*, No. 2013138773/03; zajavl. 20.08.2013., opubl. 20.10.2014, Bjul. No29, 8 p.: il.
8. Rasskazov I.Ju., Cheban A.Ju., Litvincev V.S. *Analiz tehnicheckoj osnashhennosti gornodobyvajushhih predpriyatij Habarovskogo kraja i Evrejskoj avtonomnoj oblasti* (Analysis of the technical equipment of the mining enterprises of the Khabarovsk Krai and the Jewish Autonomous region Gorn), Gornyj zhurnal, 2013, No 2, pp. 30-34.
9. Cheban A.Ju., Sekisov G.V., Hrunina N.P. *Strukturnyj analiz tehnicheckih sredstv, zadejstvovannyh pri dobyche stroitel'nyh gornyh porod na jube Dal'nevostochnogo regiona* (Structural analysis of the technical tools used in the production of a building of rocks on the South of the far East region), Gornaja promyshlennost', 2013, No 4, pp. 26-29.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ*

Приведены итоги оценки уровня использования отходов производства и потребления в Приморском крае. В основу анализа положено обобщение данных практики использования отходов в Российской Федерации и зарубежных странах, с выделением видов, находящихся наибольшее применение, а также изучение административных и экономических механизмов стимулирования переработки отходов на мировом и российском уровне. Установлено, что имеющаяся официальная информация по уровню переработки отходов существенно искажает ситуацию в данной сфере на территории края. Показано, что основным способом использования отходов является их сжигание, как с целью получения энергии, так и в целях предотвращения попадания отходов в окружающую среду, что не отвечает современным тенденциям в природоохранной деятельности. С целью оценки реального уровня использования отходов введены критерии эффективности, учитывающие как сырьевую и энергетическую ценность отходов, так и опасность отходов для окружающей среды. На основе методов математической статистики дана количественная оценка возможного потенциала использования отходов производства и потребления в Приморском крае. Ключевые слова: отходы производства и потребления, использование отходов, эффективное использование, приморский край.

Образование отходов — это неустранимый процесс, неизбежно сопутствующий человеческой жизнедеятельности. При добыче природного сырья, при производстве из него продукции, а затем ее использовании образуются отходы производственного и бытового потребления.

При этом многие виды отходов можно использовать повторно. Однако, в Российской Федерации, повторное использование отходов, не распространено так, как во многих зарубежных странах. С бытовыми отходами ситуация осложняется тем, что при отсутствии системы раздельного сбора отходов, снижается уровень ценности компонентов для повторного использования.

Отсутствие достоверной информации о количестве и видах отходов, образующихся в регионах России, существенно снижает

* Исследование выполнено при поддержке ДВФУ, проект № 14-08-02-24_и.

интерес переработчиков отходов организовывать предприятия по сбору и переработке отходов. С другой стороны, эффективное решение задач переработки отходов невозможно и без совершенствования законодательного обеспечения данной отрасли.

Нормативно-правовое регулирование обращения с отходами и экономическое стимулирование данной деятельности являются одними из основных факторов, влияющими на уровень использования отходов.

Основным законом, регулирующим сферу деятельности в области обращения с отходами, является федеральный закон № 89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» [1]. Действующая редакция закона не устанавливает обязательные требования к деятельности по использованию отходов (получение лицензии), но предусматривает механизмы ее экономического стимулирования. В том числе путем взимания платежей за размещение отходов, в зависимости от их опасности для окружающей природной среды и предоставления налоговых льгот предприятиям переработчикам отходов.

Так как закон в основном вводит нормы непрямого действия, в субъектах Российской Федерации действуют дополнительные нормативно-правовые акты, регулирующие деятельность по обращению с отходами. Например, в Москве, утвержден перечень отходов, обязательных для передачи на использование, помимо этого, в Москве и Петербурге предусмотрена выплата субсидий на промышленную переработку отходов [2, 3, 4].

В Волгоградской области установлено уменьшение арендной платы за земельные участки, отведенные под территории санитарно-защитных зон предприятий-переработчиков отходов. В г. Уссурийске при установке контейнеров для сбора твердых бытовых отходов, юридические лица и индивидуальные предприниматели могли получить частичное возмещение затрат, за свою работу [5, 6].

Обращаясь к опыту зарубежных стран, следует отметить более развитый уровень административных и экономических механизмов регулирования обращения с отходами. Например, в Европе действуют нормативные документы, устанавливающие следующие требования:

- снижения в странах ЕС к 2020 году на 50 % по отношению к 2000 г. количества захораниваемых отходов;

- предоставления льгот по транспортным тарифам, ускоренного списания амортизационных отчислений, использования залогово-возвратных и других механизмов, а также целевого субсидирования, льготного кредитования и налогообложения предприятий-переработчиков;
- введения ответственности производителей в отношении отходов упаковки (с 1994 г.), выведенных из эксплуатации автотранспортных средств (с 2003 г.), продукции электротехнической и радиоэлектронной промышленности (с 2007 г.);
- снижения к 2016 г. уровня размещаемых на полигонах неразлагаемых ТБО до 35 % от всего объема образовавшихся отходов;
- запрета на размещение на полигонах автомобильных шин и жидких отходов;
- размещения на полигонах ТБО только предварительно отсортированных отходов;
- требования улучшения показателей обращения с биоразлагаемыми отходами (например, стимулирование «зеленого электричества») [7, 8, 9].

Оценка уровня использования промышленных отходов в европейских странах показала, что отходы используются как для производства энергии (сжигание), так и в качестве сырья для производства продукции (табл. 1).

Наибольшее применение в европейских странах находят отходы стекла (79,2 %), металлов (74,8 %), бумаги и картона (65,6 %), отработанные масла (59,4 %). При этом практически все виды отходов (из представленных в таблице), перерабатываются в конечный продукт, а не используются для получения энергии. Так, например, только 11,1 % от всех использованных отходов отработанных масел в 2008 г. были направлены на сжигание и обезвреживание, а 48,3 % переработаны в товарный продукт [10,11].

Индустрия по переработке отходов развита достаточно сильно в таких Европейских странах как Германия, Швейцария и Франция. Дефицит и высокая стоимость первичного сырья активно стимулируют предпринимательскую инициативу в производстве вторичного сырья из бытовых и других видов отходов.

Таблица 1

Обращение с отходами в европейских странах за 2008 год

Вид отхода	Образовалось, т	Использовано			
		Всего, %	Для сжигания с получением энергии, %	Из них: Для производства продукции, %	Для обезвреживания, %
Отработанные масла	5 610 000	59,4	7,5	48,3	3,6
Отходы металлов	99 090 000	74,8	0,0	74,8	0,0
Отходы стекла	16 140 000	79,2	0,0	79,2	0,0
Отходы бумаги и картона	58 710 000	65,6	0,0	65,6	0,0
Отходы резины	3 750 000	39,5	0,0	39,5	0,0
Пластиковые отходы	14 920 000	48,3	0,0	48,3	0,0
Древесные отходы	68 420 000	36,5	0,0	36,5	0,0
Отходы в виде оборудования	15 990 000	61,3	0,0	61,3	0,0
Текстильные отходы	3 090 000	39,2	0,0	39,2	0,0
Отходы животноводческой и овощной промышленности	115 590 000	57,7	0,0	57,7	0,0

Между тем уровень переработки некоторых отдельных видов отходов в большинстве развитых стран довольно низок – даже в передовой Германии отходы резины перерабатываются только около 49 %, древесные отходы – 25,7 %, текстильные отходы – 46,5 %. К примеру, оберточная бумага нигде не перерабатывается более чем на 15 %. Казалось бы, выгодная жесть (консервные банки и т.п.) в Ирландии утилизируется всего на 5 % и даже в Дании, в стране с высоким уровнем экологической культуры, – только на 15 % [12].

При анализе опыта зарубежных стран по управлению отходами, особое внимание было уделено опыту США, так как по некоторым показателям (размер территории, численность, плотность населения), эта страна имеет много общего с Россией.

Для законодательства США характерно:

- передача основной роли в регулировании вопросов обращения с отходами на региональный уровень (законодательство штатов);
- разработка на уровне штатов планов управления твердыми отходами, включающих целевые показатели по уровню переработки отходов;
- установление сборов на финансирование программ по переработке отходов с продажи продукции (например, с каждой тонны размещенных на полигоне отходов берется 2 \$ и 1 \$ от каждой проданной шины);
- введение налога на промышленность для финансирования программ по переработке отходов [13].

В некоторых штатах существует практика организации специализированных управляющих организаций, в задачи которых входит внедрение и поддержка программ по вторичной переработке отходов, в том числе организация сбора отходов отдельных видов.

Одним из основных подходов к управлению ТБО в США является то, что каждый муниципалитет выбирает, какие именно виды отходов будут собираться у населения по программе раздельного сбора отходов для вторичной переработки.

В Российской Федерации, по данным статистической отчетности в 2011 году доля использованных отходов, в общем объеме образованных, составила 45 %, а в 2012 году – около 47 % [14].

Анализ видового состава и уровня использования промышленных отходов в Российской Федерации показал, что на сегодняшний день наибольшее применение находят такие виды как лом черных металлов (82,9 %), шлаки доменные (72,8 %), щелоки сульфитные (48,4 %) и некоторые другие [15].

При этом в нашей стране многие виды отходов практически вообще не используются в хозяйственных целях (табл. 2).

Уровень использования отходов в Российской Федерации существенно отличается от показателей европейских стран (рис. 1). Так, из более 3,8 млрд тонн промышленных отходов, ежегодно образующихся в России, используется чуть более 40 %, а обезвреживается порядка менее одного процента.

Таблица 2

Показатели образования и использования наиболее распространенных видов промышленных отходов на территории Российской Федерации

Наименование отхода	Образование, млн т	Уровень использования, %
Отходы добычи и обогащения	2 700—3 200	35,2
Лом черных металлов	33,5	82,9
Золы и шлаки ТЭС	29,8	10,3
Галитовые отходы	29,4	14,0
Шлаки доменные	17,7	72,8
Древесные отходы	14,4	52,5
Фосфогипс	14,0	6,0
Шлаки сталеплавильные	7,4	41,8
Макулатура	3,8	31,7
Пиритные огарки	1,5	40,5
Щелоки сульфитные	0,95	68,4
Шины изношенные	1,1	10,0
Полимерные отходы	0,7	11,4
Текстильные отходы	0,37	50,4
Отработанная серная кислота	0,29	82,8
Стеклобой	0,6	34,2
Ртутьсодержащие отходы	0,004	40,5

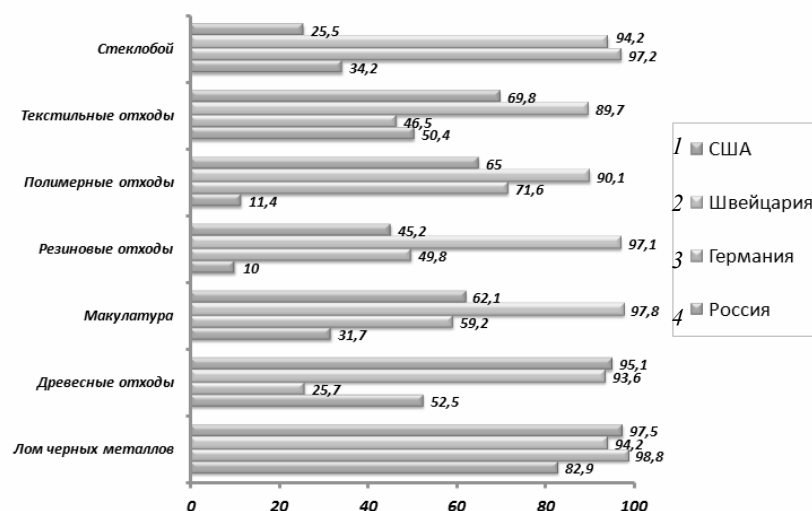


Рис. 1. Уровень использования отходов в Российской Федерации и зарубежных странах

Сравнительный анализ показал, что Россия существенно отстает от развитых европейских стран по уровню переработки полимерных отходов в 7,9 раз, почти в 10 раз по уровню использования отходов резины. Сопоставим с мировыми показателями, является лишь уровень использования отходов металлов. Не слишком сильный разрыв отмечен по уровню использования отходов стекла, текстиля, макулатуры и древесных отходов. Показательно, что наибольшее применение в России находят виды отходов, сбор и переработка которых активно стимулировалась государством в советский период и обеспечивается уже давно действующими предприятиями.

Оценка уровня использования в Европейском Союзе твердых бытовых отходов показала, что полностью используется 23 % от общего объема образования, 17 % подвергается зеленой переработке (для производства биотоплива), 20 % отходов сжигаются на тепло-электростанциях для получения энергии и 40 % попадают на объекты размещения.

Анализ литературных данных показал, что рынок переработки твердых бытовых отходов в России практически неразвит. На

промышленную переработку приходится 3-4 % ТБО, (полиэтиленовая пленка, полиэтилентерефталат (бутылки из-под воды), пластик, текстиль, бумага, стекло, алюминиевая банка), не более 1,8 % ТБО направляются на сжигание. Остальной объем отходов направляется на захоронение (90-92 %) [16]. В отличие от европейских стран в России практически не используется компостирование биологической составляющей отходов для получения удобрений, не достаточно применяется сжигание ТБО и для получения энергии (рис. 2).

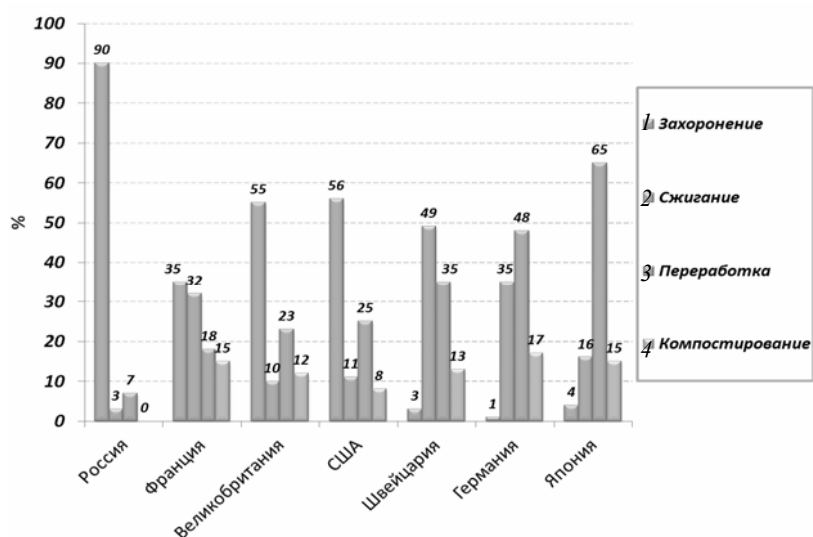


Рис. 2. Анализ практики использования бытовых отходов в Российской Федерации и зарубежных странах

В то время как в Европе и США, развиваются следующие направления использования бытовых отходов:

- использование отходов в качестве вторичного сырья при производстве продукции;
- получении этанола из древесных, сельскохозяйственных отходов и отходов бумаги;
- получение энергии на теплостанциях путем сжигания;

- плазменная газификация отходов (высокотемпературный пиролиз бытовых отходов с помощью газа с целью получения пара, горячей воды или электроэнергии) [17].

В Приморском крае с 2009 г. ведется краевой кадастр отходов производства и потребления Приморского края (далее ККО) [18]. На сегодняшний день ККО содержит сведения по обращению с отходами предприятий, генерирующих основные объемы отходов в промышленном секторе края, что подтверждается сравнительной оценкой данных по обращению с отходами государственного статистического наблюдения (по форме 2-тп «отходы» за 2009 г.) и данных ККО за аналогичный период (табл. 3).

В отличие от форм государственного статистического наблюдения, ККО содержит более детальную информацию по обращению с отходами на хозяйствующих субъектах и позволяет получить данные не только по объемам использованных отходов, но и по применяемым технологиям.

По данным ККО за 2009 год образовалось более 81 млн т отходов, использовано и обезврежено, из которых, порядка 45 млн т, и размещено более 36 млн т.

Наибольший объем образования в Приморском крае приходится на отходы 4 и 5 класса опасности, которые по видовому составу представлены: отходами, образующимися при добыче полезных ископаемых (вскрышные и пустые породы), отходами бумаги, стекла, пластика, резины, древесными отходами, ломом черных и цветных металлов, строительным мусором, твердыми коммунальными отходами, золами, шлаками и другими видами.

Таблица 3

Сравнительная оценка данных по 2-тп «отходы» и краевого кадастра отходов (ККО)

Источник информации	Наличие отходов на начало 2009 г, т	Образовалось, всего, т	Использовано и обезврежено, всего, т	Размещено, всего, т	Накоплено на конец 2009 г, всего, т
Форма 2-тп «отходы»	1144524490,590	88224773,456	51657357,727	38175969,157	1181774 128,689
ККО	1141484827,532	81654727,553	45444452,329	36282090,960	1177766 918,490

Отходы первого, второго и третьего класса опасности составляют 0,42 % от общего объема образующихся отходов и в большинстве случаев представлены следующими видами: ртуть-содержащие отходы (лампы), отработанные аккумуляторы и аккумуляторная кислота, загрязненные нефтепродуктами материалы, отработанные масла, отходы животноводческой промышленности, кислотные и щелочные отходы.

Большую часть образующихся в крае отходов составляют отходы добычи полезных ископаемых (вскрышные и пустые породы), что составляет около 94 % от общего объема образующихся отходов. Основное направление использования отходов добычи полезных ископаемых – рекультивация нарушенных горными работами земель. Доля отходов данного вида, в общем объеме используемых отходов составляет почти 99 %, что и обеспечивает сравнительно высокий уровень использования отходов в целом по краю (порядка 57 %).

Вместе с тем, в крае также образуется достаточное количество отходов производства и потребления, ухудшающих общую экологическую обстановку и имеющих достаточный потенциал для вторичного использования (около 6,12 млн т).

Для оценки уровня использования отходов из числа образующихся отходов в Приморском крае были выделены виды, находящее наибольшее применение в мировой практике.

Древесные отходы. В анализ по обращению с древесными отходами были включены отходы обработки и переработки древесины, а также отходы от лесозаготовок и вырубок. По данным ККО большая часть отходов используется и обезвреживается (94,9 % от общего объема образования) и только 5,1 % отходов направляется на размещение на объекты захоронения предприятий. Основным направлением использования отходов является их сжигание в котельных или термическое уничтожение путем сжигания, незначительная часть отходов используется для укрепления волоков лесовозных дорог. Порядка 46 % от общего объема образующихся отходов подвергается биологической обработке с получением продукции (удобрений). В основном, использование отходов осуществляется на предприятиях-производителях, однако небольшая часть отходов (около 3 % от общего объема), передается на использование сторонним организациям.

Отходы резины

К отходам резины отнесены: отработанные покрышки, обрезки резины и резиновые изделия. Уровень использования отходов в крае составляет 75,5 % от общего объема их образования. По данным ККО основное направление использования отходов – сжигание, например для разогрева грунта при проведении горных работ (в 2009 г. для этих целей было использовано 86 % от всех использованных отходов). Еще 13,5 % направляются на обезвреживание, основным способом которого также является уничтожение сжиганием.

Отходы бумаги и картона

Для анализа были обобщенные данные по следующим видам: отходы картона незагрязненные, отходы бумаги и картона, отходы бумаги и картона с пропиткой и покрытиями, отходы упаковочного картона незагрязненные, бумажные мешки, разнообразные отходы бумаги и картона. Более 99 % образующихся на предприятиях края отходов бумаги и картона передается сторонним организациям на использование. Лишь незначительная часть отходов обезвреживается или размещается на муниципальных объектах размещения твердых коммунальных отходов.

Стеклобой

В данную группу были включены: стеклянный бой незагрязненный (исключая бой стекла электронно-лучевых трубок и люминесцентных ламп); разнообразные стеклянные отходы. Анализ данных ККО за 2009 год показал, что более 62 % образующихся отходов стекла направляется на захоронение. Оставшиеся 38 % отходов по данным ККО передаются сторонним организациям на использование и обезвреживание.

Полимерные отходы

К отходам данной группы отнесены: пластмассовая незагрязненная тара, потерявшая потребительские свойства, отходы полиэтилена и полипропилена, отходы смеси затвердевших разнообразных пластмасс. Около 62 % образующихся полимерных отходов, передается на использование сторонним организациям. Остальные отходы данной категории направляются на муниципальные объекты захоронения.

Лом черных и цветных металлов

Лом черных и цветных металлов, как правило, передается сторонним организациям на использование, и имеет минимальный уровень размещения.

Золы и шлаки

К отходам данной группы отнесены золошлаки от сжигания углей. Золошлаки не находят широкого применения в Приморском крае и большая часть направляется на хранение. Незначительная часть отходов (менее 1 % от общего объема) используется на предприятиях на собственные нужды.

Текстильные отходы

Текстильные отходы имеют достаточно низкий объем образования, к ним относятся: отходы тканей, старая одежда, загрязненные текстиль (исключая обтирочный материал, загрязненный нефтепродуктами). В большинстве своем текстильные отходы направляются на захоронение (около 79 % образующихся отходов данного вида).

Отходы животноводческой и растительной промышленности

Наличие на территории Приморского края трех птицефабрик обуславливает образование значительного количества 330 000 тонн отходов животноводческой промышленности, в том числе: помета куриного, отходов содержания животных и птиц. Большая часть отходов (98 %) используется на предприятиях-производителях, а также передается на использование населению и сторонним организациям.

Отработанные масла

К отходам данной группы отнесены: отработанные масла (моторные, трансмиссионные, промышленные, автомобильные, компрессорные, дизельные), синтетические и минеральные масла, потерявшие потребительские свойства. Более 88 % образующихся в крае отработанных масел используются. Основным способом использования отходов является их сжигание в котельных предприятий, в незначительном количестве отходы масел используются вторично в качестве смазочного материала. Около 7,5 % отработанных масел передаются на обезвреживание сто-

ронным организациям. Небольшая часть отходов (не более 4,1 %) накапливается на предприятиях на объектах размещения.

Результаты анализа обращения с отходами на основе информации ККО представлены в табл. 4.

Необходимо отметить, что анализ данных об уровне использования и обезвреживания отходов выполнен на основе информации из «Банка данных о технологиях использования и обезвреживания различных видов отходов» ККО, формируемого на основе первичной информации от хозяйствующих субъектов. Обработка данных показала низкое качество имеющейся информации, даже для предприятий, осуществляющих сбор отходов для использования и обезвреживания. Также анализ показал недостаточный охват в ККО предприятий-переработчиков отходов.

Так как анализ мировой практики использования отходов показал, что в мировой практике большая часть отходов перерабатывается в полезный продукт, для оценки уровня использования отходов в крае было введено понятие «эффективного использования отходов» — применение отходов преимущественно для производства товаров (продукции) или применение с наименьшим вредным воздействием отходов на человека и окружающую среду.

В качестве критериев отнесения к «эффективному использованию» применялись следующие:

- использование отходов для производства продукции;
- использование энергетической ценности отходов;
- минимальный экологический ущерб при сжигании отходов;
- наличие на территории края предприятий-переработчиков отходов.

Количественная оценка обращения с отходами с использованием критериев эффективности представлена в табл. 5.

Анализ обращения с отходами показал, что в большинстве случаев отходы используются не рационально с точки зрения их ресурсного потенциала. Весьма распространен метод сжигания отходов, как правило, в качестве добавки к топливу. В случае передачи отходов сторонним организациям, остается неизвестным способ их использования (возможно также сжигание). Многие виды отходов подвергаются обезвреживанию, что практически не применяется за границей, где исключение составляют лишь отходы, содержащие опасные вещества (полихлорированные бифенилы, медицинские и биологические пр.).

Таблица 4

*Сведения по обращению с промышленными отходами
в Приморском крае за 2009 г.*

Вид отхода	Образование отходов за отчетный год, т	Использование отходов, %	Обезвреживание отходов, %	Размещение отходов за отчетный год		
				Всего, %	Из них:	
					хранение, %	захоронение, %
Древесные отходы	332461,5	43,21	51,83	4,96	0,01	4,95
Отходы резины	2638,157	75,50	13,05	11,01	4,01	7,00
Отходы бумаги и карто- на (макулатура)	29262,91	99,6	0,05	0,35	0	0,35
Стеклобой	607,3	32,12	5,18	62,7	0	62,7
Полимерные отходы	707,93	61,55	0,03	38,42	0	38,42
Лом черных металлов	83930,98	99,07	0,02	0,9	0,1	0,8
Лом цветных металлов	5467,35	97,82	0,06	2,12	1,75	0,28
Золы и шлаки	2413410,6	0,34	0,01	99,64	99,17	0,47
Текстильные отходы	261,81	9,67	11,04	79,29	0,27	79,02
Отходы животноводче- ской и овощной про- мышленности	330061,94	98,04	1,6	0,36	0,36	0
Отработанные масла	1971,699	87,32	10,16	2,53	2,53	0

**Количественная оценка обращения с отходами с использованием критериев эффективности
промышленных отходов в Приморском крае**

Вид отхода	Образовалось, т	Использовано		Обезврежено, %	Размещено, %
		Всего, %	Эффективно, %		
Древесные отходы	332461,5	43,2	34,9	51,8	5,0
Отходы резины	2638,157	75,5	8,5	13,5	11,0
Отходы бумаги и картона (макулатура)	29262,91	99,6	99,5	0,1	0,3
Стеклобой	607,3	32,1	0	5,2	62,7
Полимерные отходы	707,93	61,5	44,8	менее 0,01	38,4
Лом черных металлов	83922,59	99,1	99,1	менее 0,01	0,9
Лом цветных металлов	5467,35	97,8	97,8	0,1	2,1
Золы и шлаки	2413410,6	0,3	0	менее 0,01	99,7
Текстильные отходы	261,81	12,2	10,2	11,1	76,7
Отходы животноводче- ской и овощной промыш- ленности	330061,94	98,0	98,0	1,6	0,4
Отработанные масла	1971,699	87,3	6,0	10,2	2,5

В связи с этим, достаточно высокий уровень использования некоторых видов отходов в крае является «мнимым» и не отражает реальную ситуацию в данной сфере.

Сравнительная оценка уровня использования выделенных видов отходов в Приморском крае с общероссийскими и зарубежными показателями позволяет сделать следующие выводы (табл. 6):

- уровень использования резиновых отходов находится на уровне общероссийского показателя, но существенно ниже, чем в США и европейских странах;
- стеклобой практически не используется на территории края, при этом анализ данных ККО показал довольно низкий уровень образования отходов данного вида в секторе промышленных предприятий;
- золошлаковые отходы также практически не находят применение на территории края, при значительных объемах их ежегодного образования;
- применение полимерных отходов превышает общероссийский показатель и приблизительно находится на уровне средне-европейского показателя, хотя и немного ниже уровня использования полимерных отходов в США;
- довольно низкий и уровень использования текстильных отходов, он существенно ниже как общероссийских, так и мировых показателей, однако следует учесть и низкий уровень их образования в секторе промышленных предприятий края;
- использование отработанных масел находится приблизительно на одном уровне с общероссийским показателем, но существенно ниже, чем в европейских странах и США;
- достаточно высок (практически 99 %) уровень использования отходов бумаги и картона (макулатуры), образующихся в промышленном секторе, а также отходов животноводческой промышленности.

Высокий уровень использования ряда отходов, в том числе полимерных и бумажных, обусловлен наличием в крае предприятий, специализирующихся на переработке отходов (ОАО «Примснабконтракт», ООО «Русская полимерная компания», ООО «Гранула»), а отходов животноводства – возможностью их применения без предварительной обработки.

Таблица 6

Сравнение уровня использования отходов в Приморском крае, Российской Федерации и зарубежных странах

Вид отхода	Использование отходов в Приморском крае, %	Уровень использования в России, %	Уровень использования в США, %	Средний Европейский показатель, %	Максимальный уровень использования в мире, %
Отходы резины	8,46	10,0	45,2	39,5	97,1
Полимерные отходы	44,78	11,4	65,0	48,3	71,6
Отходы древесины	34,94	52,5	95,1	36,5	95,1
Отходы бумаги и картона (макулатура)	99,5	31,7	75,2	65,6	97,8
Стеклобой	0,00	34,2	47,9	79,2	94,2
Лом черных металлов	99,07	82,9	97,5	74,8	98,8
Лом цветных металлов	97,82	82,9	97,5	74,8	98,8
Золы и шлаки	0,00	10,3	42,9	-	42,9
Текстильные отходы	10,19	50,4	69,8	39,2	89,7
Отходы животноводческой и овощной промышленности	98,04	-	85,5	57,7	82,5
Отработанные масла	6,00	15	55,6	59,4	83,1

Анализ данных по обращению с коммунальными отходами показал, что в промышленном секторе в 2009 году образовалось более 154151,57 тонн отходов, использование которых составляет не более 3 %, что существенно ниже среднероссийского показателя – 7 %, и, соответственно, ниже уровня развитых стран.

По данным администраций муниципальных образований Приморского края за 2009 год на размещение направлено почти 280 тысяч тонн коммунальных отходов, в том числе отходов подобных коммунальным, образующимся в промышленном секторе.

Используя данные по усредненному морфологическому составу твердых коммунальных отходов и возможности извлечения из них ценных компонентов, был определен потенциал использования коммунальных отходов в Приморском крае, который оценивается примерно в 112 тысяч тонн или примерно 40 % от общего объема их образования.

Следует учесть, что данные по объемам размещения твердых коммунальных отходов за рассматриваемый период не были предоставлены по г. Владивостоку, а также некоторым муниципальным районам, что не позволяет сделать более точные оценки относительно ресурсного потенциала коммунальных отходов.

В целом, проведенные исследования позволили:

- выполнить анализ современного состояния образования и уровня использования отходов;
- выделить отходы наиболее перспективные с точки зрения организации их переработки на территории края;
- обосновать ключевые критерии для оценки эффективности использования отходов;
- обозначить основные направления совершенствования системы учета отходов и ведения ККО.

С точки зрения анализа проведенных исследований, дальнейшие работы должны быть направлены на более детальное изучение технологий использования и обезвреживания отходов, путем сбора дополнительной информации у предприятий-переработчиков отходов. Также необходимо расширить охват хозяйствующих субъектов, представляющих информацию в ККО, и в первую очередь за счет предприятий, осуществляющих коммерческую деятельность в области обращения с отходами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Об отходах* производства и потребления: федер. закон от 24.06.1998 №89-ФЗ (ред. от 21.11.2013) // СЗРФ. – 1998. – № 26. – Ст. 3009. [Электронный ресурс]. Доступ из справочно-правовой системы «Консультант-Плюс».
2. *Об утверждении* Перечня вторичных материальных ресурсов, подлежащих переработке (обработке) во вторичное сырье // постановление Правительства Москвы от 22.05.2007 №391-ПП. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/287426/> (дата обращения: 17.10.14).
3. *Об утверждении* Положения о порядке предоставления из бюджета города Москвы субсидий на промышленную переработку твердых бытовых отходов, образуемых населением города Москвы // постановление Правительства Москвы от 22.12.2009 №1425-ПП. URL: http://mosopen.ru/document/1425_pp_2009-12-22 (дата обращения: 17.10.2014).
4. *О Порядке* предоставления в 2009 году субсидий на покрытие выпадающих доходов от оказания услуг по утилизации и захоронению твердых бытовых отходов, образуемых населением, по регулируемым тарифам // постановление Правительства Санкт-Петербурга от 17.03.2009 №265. URL: http://uristu.com/library/sankt-peterburg/piter_78344/ (дата обращения: 17.10.2014).
5. *О предоставлении* льгот предприятиям, осуществляющим предпринимательскую деятельность в целях охраны окружающей среды // постановление Администрации г. Волжского Волгоградской области от 10.04.2003 г. №1394. [Электронный ресурс]. Доступ из справочно-правовой системы «Консультант-Плюс. Версия Проф.».
6. *Об утверждении* Порядка предоставления из местного бюджета субсидий на частичное возмещение затрат на выполнение работ по установке контейнеров для сбора твердых бытовых отходов в частном секторе Уссурийского городского округа, урн на улицах г. Уссурийска и в населенных пунктах Уссурийского городского округа // постановление Главы Уссурийского городского округа от 22.08.2008 №987. [Электронный ресурс]. Доступ из справочно-правовой системы «Консультант-Плюс».
7. *Об отходах* электрического и электронного оборудования // Директива Европейского парламента и Совета Европейского Союза №2002/96/ЕС от 27 января 2003 г.: URL: <http://certforum.ru/eu-certification/wEEE-directive-2002-96-ec.html> (дата обращения: 17.10.2014).
8. *Экологическая* политика Европейского Союза в сфере правового регулирования оборота продуктов и продукции / О.Л. Дубовик [и др.] // Экологическое право. – 2008. — №2. – С. 12-14.
9. *Обзор* законодательных регуляторов рынка ТБО в странах ЕС // Информационно-аналитическое агентство Cleandex. Рынок чистых техноло-

гий. Cleantech: новости, информация, аналитика. URL: http://www.cleandex.ru/articles/2010/08/04/msw_laws_in_eu (дата обращения: 17.10.2014).

10. *Waste statistics. Waste generation and treatment. Generation of waste* // Eurostat. URL: http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_wasgen&lang=en. (дата обращения: 17.10.2014).

11. *Waste statistics. Waste generation and treatment. Treatment of waste* // Eurostat. URL: http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_wastrt&lang=en. (дата обращения: 17.10.2014).

12. *Михайлова Н.В.* Европейский опыт переработки отходов / Н.В. Михайлова // ЖКХ. – 2009. — №1. – С. 73 – 78.

13. *Ландеховская М.* Американский опыт управления отходами / М. Ландеховская // «Тара и упаковка», 2006, №5 – С. 78 – 81.

14. *Кириллов В.В.* О региональных аспектах обращения с отходами потребления в Российской Федерации // Доклад руководителя Росприроднадзора от 27 ноября 2013. <http://rpn.gov.ru/node/14>.

15. *Девяткин В.* Управление отходами: отечественный и зарубежный опыт / В. Девяткин // Экологический вестник России. – 2009. — №2. – С. 36 – 41.

16. *Развитие рынка переработки твердых бытовых отходов в 2009 году* // Информационно-аналитическое агентство Cleandex. Рынок чистых технологий. Cleantech: новости, информация, аналитика. URL:

http://www.cleandex.ru/articles/2010/06/25/municipal_solid_waste_market_2009 (дата обращения: 17.10.2014).

17. *Мировой рынок переработки отходов* // Информационно-аналитическое агентство Cleandex. Рынок чистых технологий. Cleantech: новости, информация, аналитика. URL: http://www.cleandex.ru/articles/2011/01/31/world_waste_and_recycling_market_2010 (дата обращения: 17.10.2014).

18. *О порядке ведения краевого кадастра отходов производства и потребления: постановление Администрации Приморского края от 31.12.2009 № 370-па (ред. от 28.12.2012)* // «Приморская газета», N 2(393), 15.01.2010. [Электронный ресурс]. Доступ из справочно-правовой системы «Консультант-Плюс».

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Литвинец Ольга Иокимовна*¹ — доцент, litvinetsOI@yandex.ru,

*Куксов Владимир Сергеевич*¹ — магистрант, koksi@rambler.ru,

*Кучерук Ольга Николаевна*¹ — магистр, olyska92@mail.ru,

¹Дальневосточный федеральный университет.

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF WASTE IN PRIMORSKY KRAI

Lytvynets Olga Iokimovna, associate Professor of the Department "Safety in emergency situations and protection of the environment" FEPU, litvynetsOI@yandex.ru, Russia, Far Eastern Federal University,
Kuksov Vladimir Sergeevich, postgraduate FEPU in the direction of "environmental Protection", koksi@rambler.ru, Russia, Far Eastern Federal University,
Kucheruk Olga Nikolaevna, master FEPU in the direction of the "Technosphere safety", olyska92@mail.ru, Far Eastern Federal University, Russia.

The results of the assessment of the level of utilization of production wastes and consumption in Primorsky Krai. The basis of the analysis based on a generalization of the practice of using waste in the Russian Federation and foreign countries, emitting species, which finds greatest application, as well as the study of administrative and economic mechanisms to encourage recycling on the Russian and international level. Found that the available official information on waste recycling rate significantly distorts the situation in this sphere in the region. It is shown that the main method of waste is incineration, as with for energy and in order to prevent waste in the environment that does not meet modern trends in environmental activities. With the aim of assessing the actual level of utilization of waste introduced performance criteria, taking into account both raw materials and energy value of waste and dangerous waste for the environment. Based on the methods of mathematical statistics quantify the possible potential use of waste production and consumption in Primorsky Krai.

Key words: waste production and consumption, the use of waste, efficient use, Primorsky Krai.

REFERENCES

1. Ob othodah proizvodstva i potreblenija: feder. zakon ot 24.06.1998 №89-FZ (red. ot 21.11.2013) // SZRF, 1998, No 26, St. 3009. [Elektronnyj resurs]. Dostup iz spravочно-pravovoj sistemy «Konsul'tant-Pljus».
2. Ob utverzhdenii Perechnja vtorichnyh material'nyh resursov, podlezhashhih pererabotke (obrabotke) vo vtorichnoe syr'e // postanovlenie Pravitel'stva Moskvy ot 22.05.2007 №391-PP. URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/287426/> / (data obrashhenija: 17.10.14).
3. Ob utverzhdenii Polozhenija o porjadke predstavlenija iz bjudzeta goroda Moskvy subsidij na promyshlennuju pererabotku tverdyh bytovykh othodov, obrazuemykh naseleniem goroda Moskvy // postanovlenie Pravitel'stva Moskvy ot 22.12.2009 No1425-PP. URL: http://mosopen.ru/document/1425_pp_2009-12-22 (data obrashhenija: 17.10.2014).
4. O Porjadke predstavlenija v 2009 godu subsidij na pokrytie vypadajushhih dohodov ot okazaniya uslug po utilizacii i zahoroneniju tverdyh bytovykh othodov, obrazuemykh naseleniem, po reguliruemykh tarifam // postanovlenie Pravitel'stva Sankt-Peterburga ot 17.03.2009 No265. URL: http://uristu.com/library/sankt-peterburg/piter_78344/ (data obrashhenija: 17.10.2014).
5. O predstavlenii l'got predpriyatijam, osushhestvljajushhim predprinimatel'skuju dejatel'nost' v celjah ohrany okruzhajushhej sredy // postanovlenie Administracii g. Volzhskogo Volgogradskoj oblasti ot 10.04.2003 g. No1394. [Elektronnyj resurs]. Dostup iz spravочно-pravovoj sistemy «Konsul'tant-Pljus. Versija Prof.».

6. Ob utverzhdenii Porjadka predstavleniya iz mestnogo byudzheta subsidij na chastichnoe vozmeshhenie zatrat na vypolnenie rabot po ustanovke kontejnerov dlja sbora tverdyh bytovykh othodov v chastnom sektore Ussurijskogo gorodskogo okruga, urn na ulicah g. Ussurijska i v naselennykh punktakh Ussurijskogo gorodskogo okruga // postanovlenie Glavy Ussurijskogo gorodskogo okruga ot 22.08.2008 No987. [Elektronnyj resurs]. Dostup iz spravочно-pravovoj sistemy «Konsul'tant-Pljus».

7. Ob othodah jelektricheskogo i jelektronnogo oborudovaniya // Direktiva Evropejskogo parlamenta i Soveta Evropejskogo Sojuza No2002/96/ES ot 27 janvarja 2003 g.: URL: <http://certforum.ru/eu-certification/wEEE-directive-2002-96-ec.html> (data obrashhenija: 17.10.2014).

8. Jekologicheskaja politika Evropejskogo Sojuza v sfere pravovogo regulirovaniya oborota produktov i produkcii / O.L. Dubovik [i dr.] // Jekologicheskoe pravo, 2008, No2, pp. 12-14.

9. Obzor zakonodatel'nykh reguljatorov rynka TBO v stranah ES // Informacionno-analiticheskoe agentstvo Cleandex. Rynok chistykh tehnologij. Sleantech: novosti, informacija, analitika. URL: http://www.cleandex.ru/articles/2010/08/04/msw_laws_in_eu (data obrashhenija: 17.10.2014).

10. Waste statistics. Waste generation and treatment. Generation of waste // Eurostat. URL: http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_wasgen&lang=en. (data obrashhenija: 17.10.2014).

11. Waste statistics. Waste generation and treatment. Treatment of waste // Eurostat. URL: http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_wastrt&lang=en. (data obrashhenija: 17.10.2014).

12. Mihajlova N.V. *Evropejskij opyt pererabotki othodov* (The European experience of processing waste) / N.V. Mihajlova // ZhKH, 2009, No1, pp. 73 – 78.

13. Landehovskaja M. *Amerikanskij opyt upravljeniya othodami* (American experience in waste management) / M. Landehovskaja // «Tara i upakovka», 2006, No5 – pp. 78 – 81.

14. Kirillov V.V. *O regional'nykh aspektakh obrashhenija s othodami potreblenija v Rossijskoj Federacii* (On regional aspects of waste consumption in the Russian Federation) // Doklad rukovoditelja Rosprirodnadzora ot 27 nojabrja 2013. <http://rpn.gov.ru/node/14>.

15. Devjatkin V. *Upravlenie othodami: otechestvennyj i zarubezhnyj opyt* (Management: domestic and foreign experience) / V. Devjatkin // Jekologicheskij vestnik Rossii, 2009, No2, pp. 36 – 41.

16. Razvitie rynka pererabotki tverdyh bytovykh othodov v 2009 godu // Informacionno-analiticheskoe agentstvo Cleandex. Rynok chistykh tehnologij. Sleantech: novosti, informacija, analitika. URL: http://www.cleandex.ru/articles/2010/06/25/municipal_solid_waste_market_2009 (data obrashhenija: 17.10.2014).

17. Mirovoj rynek pererabotki othodov // Informacionno-analiticheskoe agentstvo Cleandex. Rynok chistykh tehnologij. Sleantech: novosti, informacija, analitika. URL: http://www.cleandex.ru/articles/2011/01/31/world_waste_and_recycling_market_2010 (data obrashhenija: 17.10.2014).

18. O porjadke vedenija kraevogo kadastra othodov proizvodstva i potreblenija: postanovlenie Administracii Primorskogo kraja ot 31.12.2009 № 370-pa (red. ot 28.12.2012) // «Primorskaja gazeta», N 2(393), 15.01.2010. [Elektronnyj resurs]. Dostup iz spravочно-pravovoj sistemy «Konsul'tant-Pljus».

ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА НАДЁЖНОСТИ МОРСКИХ СООРУЖЕНИЙ С ПОЗИЦИЙ РАСЧЁТА КОНСТРУКЦИЙ ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ

В статье представлены результаты анализа надежности, полученных на основе теории предельных состояний с учета изменения входных и выходных параметров. Приведены диаграммы вероятностного изменения входных параметров различного вида иллюстрирующие необходимость учета таких параметров при расчете надежности сооружения. Рассмотрены алгоритмы решения задачи в детерминистской и стохастической постановках, а также при сочетании детерминистского и стохастического подходов. Представлено два разных подхода к определению области отказа конструкции МЛО по нагрузке, а именно: с помощью оценки вероятности времени до наступления отказа; с учётом вероятностного подхода к определению параметров внешних воздействий (б) и директивно установленном сроке службы МЛО

Ключевые слова: арктический шельф; морской лёд; ледостойкие основания; проектная деятельность; надёжность проектного решения

Введение. К настоящему времени накоплены некоторые результаты в определении ледовых нагрузок на морские ледостойкие основания (МЛО) для разведки и добычи углеводородов и уже есть несколько проектов достигших цели их проектирования и реализации – построенных и установленных на шельфе ледостойких платформ, с которых успешно ведётся добыча нефти, например, на Сахалине и в Баренцевом море. Разработка надёжных методов проектирования таких сложных природно-технических систем, включающих взаимосвязанные и взаимодействующие подсистемы, элементы и связи различного характера, является относительно новой методологической задачей, общедоступные решения которой в комплексном подходе пока отсутствуют. Некоторые исследователи в своих работах показали, что для сложных систем, подобных системе «буровая платформа — дрейфующее ледовое пол», требуется особое внимание к учёту случайных факторов при их проектировании, поскольку «дейст-

вие случайных факторов приводит к смещению средних значений результатов их функционирования» [1]. В нашем исследовании [2] была рассмотрена постановочная часть этой задачи с использованием *системного подхода*, «как методологии проектирования МЛО, не только воспринимающего ледовые нагрузки, имеющие вероятностную природу, но и учитывающего вероятностный характер многих других параметров, на которых основано проектирование, включая и сам процесс проектирования». Сама конструкция МЛО, его неизменные параметры, такие как высота опор, их форма, размеры и материал, из которого они изготовлены; масса сооружения; жёсткость каркаса сооружения и ряд других параметров для конкретного сооружения остаются постоянными на весь период его службы. Размеры ледовых полей, их скорость и толщина, прочность льда – являются случайными величинами. Но порядок разрушения льда по одному из видов (типов) разрушения – это *механизм разрушения льда* – свойство структуры льда разрушаться в строго определённом порядке в результате разрыва ее внутренних связей под действием напряжений, создаваемых в них внешним силовым воздействием. Поэтому, в рассматриваемой системе «ледовое поле – МЛО» механизм разрушения льда является *процессором системы*, обеспечивающим постоянство вида разрушения льда, форм и спектра частот колебаний МЛО, т.е. упорядоченность и уникальность формулы преобразования входных воздействий в выходные, которые будут иметь место только в пределах каждой конкретной комбинации указанных случайных величин. Это можно считать основным выводом из методологического и системного анализа проблемы расчёта надёжности морских ледостойких оснований.

В указанной работе термин «оценка риска» рассматривался нами как синоним термину «оценка надёжности», который связан с *неопределённостями* в условиях расчетов ледовой нагрузки от воздействия дрейфующих ледовых образований и реакции конструкции буровой платформы, обусловленной этим воздействием.

1. Основные термины и соотношения. При проектировании сложных систем в условиях неопределённости, как известно, используется вероятностный подход, основанный на методах теории вероятностей и математической статистики. Известно также, что эффективность метода описания неопределённости с

позиций теории вероятностей при решении различных задач зависит от уровня и характера неопределённости, связанной с конкретной задачей. Задача, рассматриваемая в данной работе – задача реализации системного подхода через моделирование взаимосвязи между воздействием внешней среды на МЛО, имеющим вероятностную природу и реакцией сооружения на это воздействие, также имеющей вероятностный характер.

Внешнее воздействие на инженерное сооружение и его реакция на это воздействие всегда взаимосвязаны между собой вполне определённой зависимостью, учитывающей феноменологические особенности сооружения, а также размер и характер внешнего воздействия. Такая зависимость отражает реакцию сооружения R , как его обобщённую несущую способность, на изменение его устойчивого состояния в пространстве и во времени при действии обобщённого силового воздействия Q , создаваемого обобщённой внешней нагрузкой W . Указанные обобщённые параметры системы «сооружение-воздействие» включают соответствующие нормативные коэффициенты надёжности, обеспечивающие учёт класса сооружения, его условий работы, особенностей характера и способа приложения нагрузки с учётом ее расчётных сочетаний, свойств конструкционных материалов и т. д. Конкретное численное значение величины Q , например, в каждый момент времени определяется как произведение среднего значения обобщённой нагрузки $\bar{W}$ на обобщённый коэффициент надёжности по нагрузке. Значение реакции сооружения на внешнее силовое воздействие в каждый момент времени $Q(t_i)$ также конкретно и численно равно значению обобщённого сопротивления сооружения $R(t_i)$ в этот момент времени.

Таким образом, условие надёжности сооружения при расчётах его прочности по первой группе предельных состояний, т.е. безотказности работы конструкции обеспечивается выполнением неравенства величин, описания и обозначения которых приведены выше:

$$R > Q. \quad (1)$$

В общем случае Q и R — случайные величины, выраженные в одинаковых физических величинах. Отношение значения параметра сопротивления конструкции, рассчитанного по формулам

строительных норм, то есть реакции сооружения R на внешнее воздействие Q к значению этого воздействия можно выразить через некоторый коэффициент жесткости или «коэффициент фильтрации» внешнего воздействия конструкциями сооружения: $k = Q/R$ [3]. Предельное (граничное) значение этого коэффициента $k = 1$, при котором сопротивление сооружения уравнивает внешнее воздействие, в действительности он должен быть больше единицы $k > 1$.

Графическая интерпретация соотношений указанных величин, приведенная на рис. 1, а, представлена с учетом условия, что все параметры заранее известны и неизменны во времени. Здесь изображены три возможных случая реакции конструкции сооружения, воспринимающего внешнее воздействие: линейно-упругая реакция, характеризуемая «коэффициентом фильтрации» — k (предполагается, что такой случай в проектной деятельности практически не встречается); и два разных случая нелинейного изменения параметра реакции сооружения на воздействие внешнего воздействия: k^* и k'' .

Безусловно, следует понимать, что графики, описываемые уравнениями с такими коэффициентами должны иметь «конечные точки» — точки «отказа» в момент времени t_p , в которых эти уравнения перестают существовать вследствие начавшегося разрушения

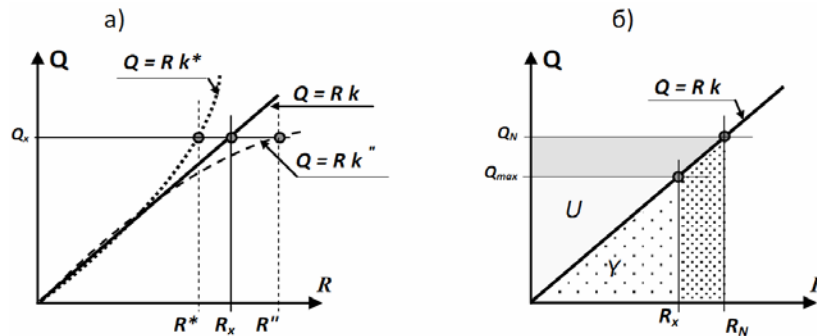


Рис. 1. Графические изображения «коэффициентов фильтрации» сооружений, имеющих линейную или нелинейные зависимости несущей способности конструкции R_x от внешнего воздействия Q_x (а). Область безотказной работы сооружения (Y) до времени его разрушения (отказа) при значениях нагрузки до Q_{max} и соответствующая ей область (U), в которой нарушается соответствие $k = Q/R$ и сооружение должно разрушиться (б)

сооружения или его основного конструктивного элемента, после чего сооружение перестает осуществлять проектные функции. В реальной действительности, при расчетах надежности сооружения в большинстве случаев «коэффициент фильтрации» функционально зависит как от неизменных во времени параметров сооружения (характерного размера сооружения d_0 , его массы M и изгибной жесткости λ_0 ; глубины моря H_m и характеристики грунта основания ζ_{cp} и др.), так и от внешних воздействий и факторов, изменяющихся во времени $Q(t)$.

В данной работе мы используем простейший случай $k = Q/R = 1$ как «тестовый — пограничный» вариант для рассмотрения необходимости учёта в расчётах надежности сооружений параметров внешней нагрузки, имеющих случайную природу, а также влияние изменения параметров прочности (жесткости) конструкции сооружения с течением времени. Таким образом, на рис.1, а можно видеть, что каждое из трёх сооружений, имеющих разные «коэффициенты фильтрации» k , k^* и k'' показывают различные значения реакции R_x , R^* и R'' при одном и том же значении внешнего воздействия Q_x .

В практике расчётов прочности конструкций по предельным состояниям при определении расчётной нагрузки на сооружение проектировщики обязаны применять «нормативный коэффициент надежности» $k_N > 1$, который увеличивает расчётную нагрузку на сооружение от значения нормативной Q_N до расчётной $Q_{p.max}$. При этом проектное значение сопротивления конструкций сооружения от значения R_N увеличивается до значения R_p (рис. 1, б), это значение используется для проектирования расчётных сечений элементов конструкции с подбором материалов с необходимыми характеристиками прочности.

Коэффициент надежности k_N , по его определению, должен интегрально учитывать основные факторы, которые влияют на долговечность сооружения. Одним из таких важных факторов является время появления внешнего воздействия, которое разрушит конструкцию — время до разрушения (наступления «отказа») t_p . Другой фактор должен учитывать «старение материала» конструкции в течение периода её эксплуатации, еще один фактор должен учитывать предельное количество циклов нагружения и т.д. Кроме этого «коэффициентом надежности» учитываются ста-

статистические погрешности экспериментального определения прочностных характеристик материала конструкции, значений внешних воздействий природных и техногенных параметров и т.д., которые вводятся в расчеты прочности и долговечности конструкции.

В общем случае задача определения надежности сооружения всегда может быть решена одним из способов: посредством вероятностной оценки времени до разрушения конструкций сооружения t_p или посредством определения вероятности того, что точка $S(Q, R, t)$, обозначающая основные выходные параметры сооружения и системы, попадет в область отказа U либо в область безотказной работы V (рис. 1, б).

2. Алгоритм решения задачи в детерминистской постановке. Случай с постоянным «коэффициент фильтрации» $k = const$. При детерминистском подходе к задаче определения прочности (устойчивости) сооружения, все входящие в расчётные формулы величины являются фиксированными параметрами сооружения и внешних воздействий на его конструкции соответственно. В такой постановке задачи при расчетах прочности конструкций значения всех исходных для расчета величин не являются функциями времени, а их неопределённость пренебрежимо мала. При этом значения внешних воздействий определяются либо непосредственным измерением, либо принимаются по нормативным документам для данного типа и класса ответственности сооружения с учетом расчетных сочетаний нагрузок на него. Реакция (сопротивление) конструкции на воздействие внешних факторов в такой постановке задачи расчета прочности (устойчивости) конструкции определяется только расчётными методами с использованием эмпирических формул или численными методами с использованием пакетов прикладных компьютерных программ. Такие методы, как правило, фиксируются в нормативных (государственных или корпоративных) документах по строительству и изысканиям для строительства. Отклонения от установленных методик не допускается.

3. Сочетание детерминистского и стохастического подходов к решению рассматриваемой задачи. В настоящее время наиболее распространенным вариантом алгоритма расчета конструкций сооружения является вариант, в котором в расчетах на-

дежности (долговечности) морского ледостойкого основания (МЛО) учитываются статистические изменения воздействующего на конструкцию сооружения параметра во времени $Q(t)$ при неизменном во времени «коэффициенте фильтрации» этого параметра на реакцию (сопротивление) сооружения, следовательно и неизменной «обобщенной прочности сооружения» $R = \varphi(d_0, H_m, \lambda_0, \zeta_{zp}) = const.$

Для данного метода расчета учет стохастических параметров внешних воздействий реализуется через алгоритм определения расчетного значения $Q(t)_{max}$ [4]. Это значение также определяется в соответствии с требованиями нормативных актов по строительству с учетом вероятностных характеристик природных факторов, воздействующих на сооружение [5]. Пространственные неоднородности распределения прочности дрейфующего ледового покрова, а также физических характеристик льда, например, могут учитываться в виде временного ряда изменения таких характеристик [6,7].

Внешние воздействия, как известно, особенно от природных факторов (ветровые, скорости течения, волновые, ледовые нагрузки), являются случайными величинами, изменяющимися как во времени, так и в зависимости от одних случайных величин или от комбинации других — детерминированных величин. Поэтому следует полагать, что, если входные воздействия на систему (ледовое поле — сооружение) случайны, их неопределённости в той или иной мере передаются выходным параметрам системы, даже если она имеет постоянный «коэффициент фильтрации» $k = const.$

В рассматриваемом случае можно гарантировать обеспечение надёжности конструкции с вероятностью p , приближающейся к единице $p < 1$ при выполнении неравенства:

$$R_p > (Q_{max} \cdot k_N) / k = Q_N / k \quad (2)$$

где: $k_N > 1$ — коэффициент запаса надёжности (прочности, устойчивости).

С учётом зависимости внешних воздействий и прочности материалов конструкции от времени и некоторых других факторов, расчёт надёжности реальной конструкции, основанный на неравенстве (2) при неизменных во времени входящих в него величинах является уже не корректным, так как не даёт ответа на

вопрос о том, как долго конструкция будет нормально выполнять своё предназначение до достижения ею предельного состояния. Здесь под предельным состоянием конструкции следует понимать достижение значения каким-либо одним из параметров ответной реакции сооружения на внешнее воздействие некоторого порогового значения, при котором произойдет разрушение (отказ) конструкции или её элемента. Таким параметром может быть отклонение конструкции от статического положения и потеря её устойчивости при достижении значения отклонения его критического предела. Такими же параметрами могут быть: предельное значение деформации растяжения; предельный прогиб от поперечной или продольной силы её несущих элементов, приводящие к хрупкому, вязкому или усталостному разрушению материала элемента, и т.д. При этом в обязательном порядке должны учитываться динамические изменения всех расчетных параметров.

Можно предположить, что для каждого реального сооружения, его обобщенное сопротивление внешним воздействиям в общем случае является случайным параметром R_p , но, как правило, неизменным во времени – случайной величиной. В таком случае значение R_p определяется на основе одной из принятых гипотез о поведении материала несущих элементов конструкции при воздействии нагрузки и зависит от конструктивного решения всего сооружения и его размеров, размеров поперечных сечений несущих элементов, от расчетного «предела прочности материала». Но обобщённое внешнее воздействие Q вследствие изменчивости во времени и «случайности значений во времени» входящих в него параметров, в большинстве случаев является случайным процессом – $Q_p(t)$. На рисунке 2 проиллюстрирована схема разработки алгоритма расчета срока безаварийной эксплуатации морской ледостойкой платформы t_p , испытывающей распределенное случайным образом во времени силовое воздействие дрейфующего ледового поля при разрушения его кромки на контакте с опорными конструкциями сооружения.

Для данной реальной конструкции ее расчетное сопротивление R_p остается постоянной, но неопределенной величиной, рассчитанной по нормативному методу с определенной степенью вероятности соответствия реальных качеств материалов и конструкций сооружения его расчетной модели при $k = const$. Точка,

Там же показано положение горизонтальных линий, отображающих неизменность во времени значений расчетных нормативных R_N и расчетных R_P сопротивлений платформы, учитывающих расчетные коэффициенты надежности и назначаемый коэффициент запаса прочности сооружения соответствующий его типу и классу. Появление в момент времени $t_p(Q_P)$ внешнего силового воздействия $Q(t) = Q_P$ достигшего по своему значению предельно допустимого для данного сооружения обобщенного расчетного сопротивления R_P , что показано точкой A_P на рис. 2, б, приводит к «отказу» конструкций сооружения и оно переходит в нерабочее состояние. Этот случай показан на рис. 2, б, где показано также, что при расчете на нормативную нагрузку Q_N без учета запаса, определяемого соответствующим коэффициентом надежности, срок службы сооружения был бы меньше на время $\Delta t = t_p(Q_P) - t_p(Q_N)$.

144

поперечных сечений, привязка арматуры в бетоне) поддаются измерению лишь в ограниченном числе точек, между которыми они могут иметь другие значения. Кроме того, профессиональным проектировщикам-строителям хорошо известно, что такие входные параметры для расчета надежности сооружения как механические и прочностные свойства материалов, кроме того, что они изменяются в разных точках конструкции, редко поддаются измерению непосредственно в элементах конструкции и могут быть оценены лишь косвенными методами и с неопределенным приближением к реальным характеристикам материала в конструкциях сооружения. Вот наиболее яркие примеры «косвенных характеристик прочности», принимаемых в расчетах за «достоверные»: сопротивление бетонных кубиков или цилиндров, отлитых в специальных формах, рассматривается как надёжная оценка прочности бетона в реальной конструкции [8]; кубики льда, изготовленные для испытаний на прочность из выбуренных из ледового покрова кернов, будут иметь не идентичное физическое и химическое состояние со льдом, залегающим в толще «расчетного ледового покрова» [9,10,11,12]. Все эти отклонения от соответствия расчетных параметров нормативным учитываются введения в формулы определения расчетных нагрузок набора коэффициентов надежности.

В тоже время, следует отметить, что значения прочностных параметров материалов конструкции могут измениться с течением времени в сторону их уменьшения (усталость, старение материала с учётом агрессивности среды, накопление микро- и макроповреждений и т.д.). Это будет означать, что «коэффициент фильтрации» системы k станет величиной переменной во времени $k(t)$. В этом случае величина R получит наклон к оси времени, став функционально зависимой – $R(t)$ и срок безаварийной службы сооружения может уменьшиться на Δt (Рис.3,а,б).

Время до отказа конструкции t_{pl} (соответствующего рассматриваемому предельному состоянию) в такой постановке задачи представляется полной мерой надёжности конструкции, а для временного интервала $(0, t_{pl})$ предельное неравенство (2) проверяется только для наихудших возможных условий. Таким образом, для сооружений, предназначенных для эксплуатации в течение десятков лет, учет изменения прочностных свойств материалов

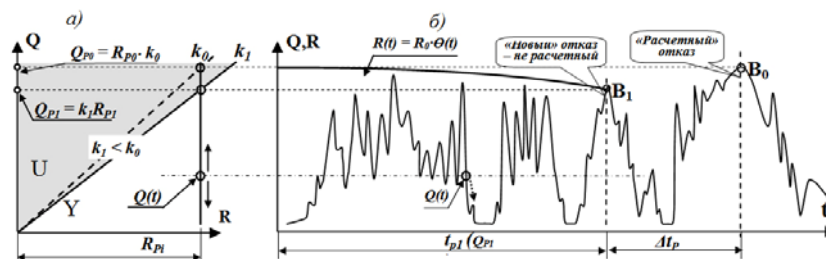


Рис. 3 Схема, демонстрирующая алгоритм учета снижения срока службы сооружения от срока B_0 до B_1 на Δt (б) за счет снижения значений прочностных и деформативных характеристик материалов конструкций МЛО с течением времени, выражаемому снижению «коэффициента жесткости» сооружения $k_1 < k_0$ (а)

их конструкций, жесткости элементов из-за усталостной прочности, особенно при работе сооружения при воздействии на него циклических нагрузок является актуальным. Для решения таких задач фактор «старения» материалов в конструкциях может быть численно учтен путем уменьшения «коэффициента жесткости» конструкции сооружения.

На рис. 3 приводится иллюстрация предыдущего случая обобщенного силового воздействия на сооружение, но с учетом изменения ряда параметров материалов его конструкций во времени, что выражается снижением значения «коэффициента фильтрации» во времени $k = \varphi(t)$.

4. Стохастический подход к решению рассматриваемой задачи. Сегодня уже широко известно, что изменения силового воздействия дрейфующих ледовых образований на МЛО и по его амплитуде и во времени носит случайный характер [13], следовательно, и нагрузка на сооружение имеет случайный характер, что подтверждено опубликованными результатами многих натурных измерений, например в [14]. Это явление динамического воздействия ледовых полей в части численного нормирования ледовых нагрузок на морские стационарные платформы, а также и на плавучие буровые установки в настоящее время не получило нормативного описания, несмотря на это, оно может весьма существенно отражаться как на конструкциях сооружений, так и на их габаритных и весовых характеристиках, на выборе конструкционных материалов и т.д. Актуальность данной задачи направляет иссле-

дователей на получение проектных решений, исключающих динамические реакции платформ в виде вынужденных колебаний и автоколебаний [15]. Но, несмотря на активное изучение данного вопроса с использованием различных динамических моделей воздействия льда на платформу, пока не получено практических рекомендаций для расчетов динамической ледовой нагрузки.

Поэтому в настоящее время в инженерной практике расчётов надёжности сооружений должен использоваться подход, максимально приближённый к конкретным условиям работы реальных конструкций. Исходные условия решения задачи, когда задан расчётный (нормативный) срок службы сооружения T_N наиболее адекватно отражают цель проектирования. Такая постановка задачи является единственно возможной, если нагрузка на сооружение $W(t)$ представлена статистически распределёнными параметрами (рис. 4,а), а обобщённая прочность сооружения изменяется во времени $R = R(t)$ (рис. 4, б), что уже было показано в предыдущем примере. Эти выводы можно наглядно проиллюстрировать, графически изобразив взаимосвязь вероятностного распределения значений обобщённого внешнего воздействия $Q(t)$ и нагрузки от него на сооружение $W(t)$ (рис. 4, а,б).

Вероятность неравенства вида (2) в данном случае представляет собой вероятность не разрушения конструкции, $P_n = 1 - P_o$, а величина P_o — вероятность разрушения, т.е. вероятность отказа, как дополнение вероятности не разрушения. Эти два показателя совпадают соответственно с вероятностью невыполнения предельного неравенства (2) по крайней мере один раз на интервале времени $(0, t_p)$, то есть в момент разрушения конструкции (рис. 4, а).

При заданном (нормированном) сроке службы сооружения любая из реализаций случайного процесса ледовой нагрузки на конструкцию платформы должна обеспечить указанный срок его службы с заданной вероятностью его появления (Рис. 4, в). В общем случае значения ледовой нагрузки и прочность сооружения являются случайными функциями времени t , но при заданном сроке службы сооружения T_N параметр «время» удаётся в большинстве случаев исключить из расчёта и считать $R(t)$ и $Q(t)$ не случайными функциями, а случайными величинами с определёнными законами распределения.

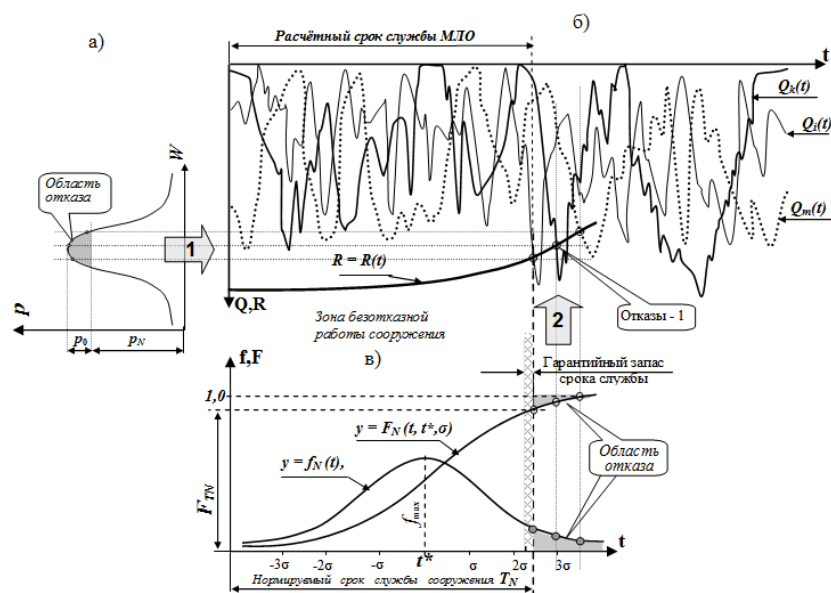


Рис. 4. Определение области отказа конструкции МЛО по нагрузке W (а, 1) с учётом изменения параметров сопротивления материала конструкции $R(t)$ во времени и зоны безопасной работы МЛО с учётом вероятностного подхода к определению параметров внешних воздействий (б) и директивно установленном сроке службы МЛО (в, 2)

Если рассмотреть и другие, возможные в данных условиях случаи, представляющие суть проблемы надёжности морских ледостойких оснований, то справедливо полагать, что задача всегда может быть решена одним из двух, формально различных способов, представленных выше, а именно, посредством вероятностной оценки времени до разрушения или определения вероятности того, что в пространстве случайных переменных точка $X(R, Q, t)$ представляющая основные входные параметры и параметры системы, попадает либо в область отказа U , либо в область безотказной работы Y (рис. 1, б).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. — М. Наука, 1978. — 400 с.

2. Цуприк В.Г. Методологические аспекты обоснования рисков при определении надёжности сложных технических систем типа морских ледостойких оснований (МЛО). «Вестник Дальневосточного государственного технического университета», 2011 г., № 1(6). — 18 с.
3. Аугустин А., Барата А., Кашиати Ф. Вероятностные методы в строительном проектировании / Пер. с англ. Ю.Д. Сухова. — М.: Стройиздат, 1988. — 584 с.
4. СП 38.13330.2012. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). Актуализированная редакция СНиП 2.06.04-82*
5. ВСН 41.88. Проектирование ледостойких стационарных платформ. Миннефтепром, Москва, 1988.
6. Farafonov A.E., Seliverstov V.I., Gomolski S.G. Experimental Studies of Ice Cover Inhomogeneity // Proc. 11-th Int. Offshore and Polar Engineering Conference, vol. 1, Stavanger, Norway, 2001, pp.744-748.
7. Epifanov V.P. Method and device for ice strength measurement. POAC'95 — 13th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Condition. August 15-8, 1995 Murmansk, Russia. V.3. St.Petenburg. — 1995. PP. 110-121.
8. Hilsdorf, H.K., Brameshuber, W. «Size Effects in the Experimental Determination of Fracture Mechanics Parameters.", Application of Fracture Mechanics to Cementitious Composites, PP. 361-397, 1985
9. Занегин В.Г., Храпачев Н.Г. Экспериментальное исследование прочности льда / Труды ЛПИ. №361. Л.: Изд-во ЛПИ, 1978, с.85-87.
10. Петров И.Г. Физико-механические свойства и толщина ледяного покрова / В кн. Материалы наблюдений научно-исследоват. дрейфующей станции.1950/51г. Л.: Морской транспорт, 1955, с. 103-106.
11. Руководство по изучению физико-механических свойств льда. Под ред. Д.г.н. Г.Н. Яковлева. ААНИИ, Л.: — 1071. — 45 с.
12. Трусков П.А., Абраменко С.Е., Поломошнов А.И. Исследование физико-механических свойств льда в натурных условиях// Тр. ДВНИИ, Вып.36. Владивосток, 1987, с.52-56.
13. Беккер А.Т. Вероятностные характеристики ледовых нагрузок на сооружения континентального шельфа. — Владивосток.: Дальнаука, 2005. — 345 с.
14. Yue Q. J, Bi X.J., Li F., Qu Y., Full-scale tests of dynamic ice force in Bohai Bay. Proceeding of 17th IAHR International Symposium on Ice, 2004, Vol.2, p139-146
15. Литонов О.Е. К вопросу анализа динамических моделей воздействия льда на морские платформы. Научно-технический сборник РС. Санкт-Петербург. Российский морской регистр судоходства, вып. 34. С. 237–241.

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Цуприк Владимир Григорьевич — кандидат технических наук, доцент, заместитель директора Инженерной школы Дальневосточного федерального университета, vg_tsuprik@mail.ru.

UDC 721.012:001; 519.718.2; 622.276.04

ANALYSIS OF OFFSHORE STRUCTURE RELIABILITY ON THE BASE OF LIMIT STATE THEORY

Tsupric V.G., Candidate of technical Sciences, Professor, Deputy Director of the school of Engineering, far Eastern Federal University, vg_tsuprik@mail.ru, Russia.

In the article present the result of reliability analysis received on the basis of the limit state theory with accounting variations of input and output parameters. The diagrams are given of probability of various input parameters, wich illustrate the need to take account of such parameters in the calculation of reliability of constructions. The two different formally ways presented, namely, by means of a probability assesment of time till failure or determining the probability presenting the main data-ins and sistem parameters in the space of random variables gets either in zone of failure or in zone of non-failure operation. Presented the algorithms for solving the problem in deterministic and stochastic performances of the tasks, as well as with a combination of deterministic and stochastic approaches. Submitted by two different approaches to the definition of area failure of structures due to exceeding the load limit, namely: by evaluating the probability of time before failure; based on the probabilistic approach to the determination of the parameters of external influences and with the fixed time of non failure work structures.

Key words: Arctic Shelf; Ice resistant structures; project activities; various input parameters; designing of reliability; probabilistic approach.

REFERENCES

1. Buslenko N.P. *Modelirovanie slozhnyh sistem* (Modeling of complex systems), Moscow: Nauka, 1978, 400 p.
2. Cuprik V.G. Metodologicheskie aspekty obosnovaniya riskov pri opredelenii nadjozhnosti slozhnyh tehnikeskikh sistem tipa morskikh ledostojkikh osnovanij (MLO). «Vestnik Dal'nevostochnogo gosudarstvennogo tehnikeskogo universiteta», 2011, No 1(6), 18 p.
3. Augusti A., Barata A., Kashiati F. *Verojatnostnye metody v stroitel'nom proektirovanii* (Probabilistic methods in structural design) / Per. s angl. Ju.D. Suhova, Moscow: Strojizdat, 1988, 584 p.
4. SP 38.13330.2012. Nagruzki i vozdejstviya na gidrotehnikeskie sooruzheniya (volnovye, ledovye i ot sudov). Aktualizirovannaja redakcija SNiP 2.06.04-82*
5. VSN 41.88. Proektirovanie ledostojkikh stacionarnyh platform. Minnefteprom, Moskva, 1988.
6. Farafonov A.E., Seliverstov V.I., Gomolski S.G. Experimental Studies of Ice Cover Inhomogeneity // Proc. 11-th Int. Offshore and Polar Engineering Conference, vol. 1, Stavanger, Norway, 2001, pp.744-748.

7. Epifanov V.P. Method and device for ice strength measurement. POAC'95 — 13th International Conference on Port and Ocean Engineering under Arctic Condition. August 15-8, 1995 Murmansk, Russia. V.3. St.Peterburg. — 1995. PP. 110-121.
8. Hilsdorf, H.K., Brameshuber, W. «Size Effects in the Experimental Determination of Fracture Mechanics Parameters», Application of Fracture Mechanics to Cementitious Composites, PP. 361-397, 1985
9. Zanev V.G., Hrapatyj N.G. Jeksperimental'noe issledovanie prochnosti l'da / Trudy LPI. №361. Leningrad: Izd-vo LPI, 1978, pp.85-87.
10. Petrov I.G. *Fiziko-mehanicheskie svojstva i tolshhina ledjanogo pokrova* (Physico-mechanical properties and thickness of the ice cover)/ V kn. Materialy nabljudenij nauchno-issledovat. drevfujushhej stancii.1950/51g. Leningrad: Morskoj transport, 1955, pp. 103-106.
11. *Rukovodstvo po izucheniju fiziko-mehanicheskikh svojstv l'da* (Guide to the study of physical-mechanical properties of ice). Pod red. D.g.n. G.N. Jakovleva. AANII, Leningrad: 1071, 45 p.
12. Truskov P.A., Abramenko S.E., Polomoshnov A.I. *Issledovanie fiziko-mehanicheskikh svojstv l'da v naturnykh uslovijah* (Investigation of physical-mechanical properties of ice in natural conditions)// Tr. DVNII, Vyp.36. Vladivostok, 1987, pp.52-56.
13. Bekker A.T. *Verojatnostnye harakteristiki ledovykh nagruzok na sooruzhenija kontinental'nogo shel'fa* (Probabilistic characteristics of ice loads on structures of the continental shelf). — Vladivostok.: Dal'nauka, 2005, 345 p.
14. Yue Q. J, Bi X.J., Li F., Qu Y., Full-scale tests of dynamic ice force in Bohai Bay. Proceeding of 17th IAHR International Symposium on Ice, 2004, Vol.2, pp.139-146
15. Litonov O.E. *K voprosu analiza dinamicheskikh modelej vozdejstviya l'da na morskije platformy* (The question of the analysis of dynamic models of the impact of ice on marine platforms). Nauchno-tehnicheskij sbornik RS. Sankt-Peterburg. Rossijskij morskoy registr sudohodstva, vyp. 34. pp. 237–241.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Фаткулин А.А., Белов А.В., Гребенюк И.В., Ларионов М.В.</i> ПОДЗЕМНАЯ ГАЗИФИКАЦИЯ УГЛЯ КАК ПЕРСПЕКТИВНАЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	3
<i>Щека О.О., Автомонов Е.Г., Никитина А.В.</i> АНАЛИЗ УСЛОВИЙ РАЗМЕЩЕНИЯ ОБЪЕКТА «СПГ-ВЛАДИВОСТОК» НА ОСНОВЕ МАТРИЧНОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ	9
<i>Каулин М.И., Николайчук Д.Н.</i> ПОСТРОЕНИЕ ОТКОСОВ ДОРОГ ПРИМЫКАЮЩИХ К КАРЬЕРУ	16
<i>Гребенюк И.В., Белов А.В., Фаткулин А.А.</i> СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ УТИЛИЗАЦИИ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В ПОДЗЕМНЫХ ГАЗОГЕНЕРАТОРАХ НА УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ	19
<i>Рассказов И.Ю., Мигунов Д.С., Гладырь А.В., Макаров В.В., Аникин П.А., Искра А.Ю., Желнин Д.О., Сидляр А.В.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЛОКАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ УДАРООПАСНОСТИ ПРИ ВЕДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ В СЛОЖНЫХ ГОРНОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ.....	22
<i>Рассказов И.Ю., Гладырь А.В., Макаров В.В., Цициашвили Г.Ш., Аникин П.А., Желнин Д.О., Мирошников В.И.</i> АЛГОРИТМ ВЫДЕЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО УДАРООПАСНЫХ ЗОН В РАЗРАБАТЫВАЕМОМ МАССИВЕ ГОРНЫХ ПОРОД ПО РЕЗУЛЬТАТАМ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА.....	31
<i>Чебан А.Ю., Секисов Г.В., Хрунина Н.П., Угай С.М., Жуков А.В.</i> СТРУКТУРА РАБОЧЕГО ВРЕМЕНИ КАРЬЕРНЫХ КОМБАЙНОВ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ИЗВЕСТНЯКОВ.....	40
<i>Шулюпин А.Н., Чермошенцева А.А., Мирзеханов Г.С., Васянович Ю.А.</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПАРОВОДЯНОГО ТЕЧЕНИЯ В ГЕОТЕРМАЛЬНОЙ СКВАЖИНЕ В ЗОНЕ ПИТАНИЯ	49
<i>Лушпей В.П., Примачев Ю.В.</i> РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ПЕРЕВООРУЖЕНИЯ УГЛЕДОБЫЧИ НА РАЗРЕЗЕ «ПАВЛОВСКИЙ-2».....	57

<i>Агошков А.И., Кудрин В.Н.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОБОГАЩЕНИЯ РУД, СОДЕРЖАЩИХ ТОНКОДИСПЕРСНЫЕ БЛАГОРОДНЫЕ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫЕ МЕТАЛЛЫ	68
<i>Белов А.В., Кинаев Н.Н., Гребенюк И.В., Бабаев А.Ю., Борода В.В., Гальцев И.С.</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ УДАЛЕННЫХ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ МАЛЫХ ЛОКАЛЬНЫХ УГЛЕХИМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ	75
<i>Сидорова Н.Г., Сидоров Д.Е., Романов В.В.</i> ИНСТРУМЕНТАРИЙ ОЦЕНКИ СТРУКТУРЫ ТЭК ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА	82
<i>Столлов Б.Л., Шкабарня Н.Г., Мирзеханов Г.С.</i> ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРИМОРЬЕ	89
<i>Потапова Т.Л., Усольцева Л.А.</i> ОПЫТ ФОРМИРОВАНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ НА ТЕРРИТОРИИ ПРИМОРСКОГО КРАЯ В ЦЕЛЯХ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ	96
<i>Чебан А.Ю., Хрунина Н.П., Корнеева С.И., Васянович Ю.А., Жуков А.В.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАРЬЕРНЫХ КОМБАЙНОВ В КОМПЛЕКТЕ С АВТОСАМОСВАЛАМИ.....	106
<i>Литвинец О.И., Куксов В.С., Кучерук О.Н.</i> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ В ПРИМОРСКОМ КРАЕ	114
<i>Цуприк В.Г.</i> ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ МОРСКИХ СООРУЖЕНИЙ С ПОЗИЦИЙ РАСЧЁТА КОНСТРУКЦИЙ ПО ПРЕДЕЛЬНЫМ СОСТОЯНИЯМ	136

CONTENT

<i>Fatkulin A.A., Belov A.V., Grebenjuk I.V., Larionov M.V.</i> UNDERGROUND COAL GASIFICATION AS A PROMISING GEOTECHNOLOGICAL GIA DEVELOPMENT OF COAL INDUSTRY	3
<i>Shcheka O.O., Avtomonov E.G., Nikitina A.V.</i> THE ANALYSIS OF CONDITIONS OF ACCOMMODATION OBJECT LNGVLADIVOSTOK" ON THE BASIS OF THE MATRIX MATHEMATICAL MODELS	9
<i>Kaolin M.I., Nikolaychuk D.N.</i> BUILDING THE SLOPES OF ROADS ADJACENT TO THE QUARRY	16
<i>Grebenyuk I.V., Belov A.V., Fatkulin A.A.</i> SOCIO-ECONOMIC THE EFFICIENCY OF UTILIZATION SOLID WASTEIN THE UNDERGROUND GAS GENERATORS IN COAL BEDS	19
<i>Rasskazov I.Yu., Migunov D.S., Gladyr A.V., Makarov V.V., Anikin P.A., Iskra A.Yu., Zhelnin D.O., Sidljar A.V.</i> IMPROVEMENT OF HARDWARE OF LOCAL CONTROL OF BURSTHAZARD DURING MINING IN DIFFICULT MINING- GEOLOGICAL CONDITIONS	22
<i>Rasskazov I.Ju., Gladyr A.V., Makarov V.V., Ciciashvili G.Sh., Anikin P.A., Zhelnin D.O., Miroshnikov V.I.</i> THE ALGORITHM OF IDENTIFICATION OF POTENTIALLY BURST-HAZARD AREAS IN A ROCK MASSIF BY THE RESULTS OF SEISMOACOUSTIC MONITORING	31
<i>Cheban A.Yu., Sekisov G.V., Khrunina N.P., Ugay S.M., Zhukov A.V.</i> OPERATING TIME STRUCTURE OF SURFACE MINERS AT LIMESTONE FIELDS DEVELOPMENT	40
<i>Shulyupin A.N., Chermoshentseva A.A., Mirzehanov G.S., Vasyanovich Yu.A.</i> MATHEMATICAL MODEL OF THE STEAM-WATER FLOW IN GEOTHERMAL WELLS IN THE AREA OF NUTRITION	49
<i>Lushpey V.P., Primachev Yu.V.</i> THE RESULTS OF THE TECHNICAL RE-EQUIPMENT OF COAL MINING IN THE CONTEXT OF "PAVLOVSKY-2"	57

<i>Agoshkov A.I., Kudrin V.N.</i> ENVIRONMENTALLY SAFE TECHNOLOGY OF BENEFICATION OF ORES CONTAINING FINELY-DISPERSED AND RARE EARTH METALS	68
<i>Belov A.V., Kinaev N.N., Grebenyuk I.V., Babaev A.Yu., Boroda V.V., Galtcev I.S.</i> THE PROVISION OF ENERGY INFRASTRUCTURE IN REMOTE COAL DEPOSITS THROUGH THE USE OF SMALL LOCAL COAL COMPLEXES.....	75
<i>Sidorova N.G., Sidorov D.E., Romanov V.V.</i> MODERN METHODS AND TOOLS FOR EVALUATING THE STRUCTURE OF FUEL AND ENERGY COMPLEX	82
<i>Stolov B.L., Shkabarnya N.G., Mirzehanov G.S.</i> PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF GEOPHYSICAL RESEARCH IN PRIMORYE.....	89
<i>Potapova T.L., Usol'tceva L.A.</i> THE EXPERIENCE OF THE FORMATION OF SPATIAL DATA INFRASTRUCTURE ON THE TERRITORY OF PRIMORSKY KRAI FOR PUBLIC ADMINISTRATION.....	96
<i>Cheban A.Yu., Khrunina N.P., Korneeva S.I., Vasyanovich Yu.A., Zhukov A.V.</i> IMPROVEMENT OF PROCESS FLOW DIAGRAMS USING A SURFACE MINER WITH DUMP TRUCKS	106
<i>Lytvynets O.I., Kuksov V.S., Kucheruk O.N.</i> EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF WASTE IN PRIMORSKY KRAI	114
<i>Tsupric V.G.</i> ANALYSIS OF OFFSHORE STRUCTURE RELIABILITY ON THE BASE OF LIMIT STATE THEORY.....	136

ПРОБЛЕМЫ ОСВОЕНИЯ ГЕОРЕСУРСОВ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Выпуск 5

Горный информационно-аналитический
бюллетень (научно-технический журнал).
Отдельные статьи (специальный выпуск)

Режим выпуска «молния»

Выпущено в авторской редакции

Компьютерная верстка и подготовка
оригинал-макета *И.А. Вершинина*
Дизайн обложки *Е.Б. Капралова*
Зав. производством *Н.Д. Уробушкина*
Полиграфическое производство *Л.Н. Файнгор*

Подписано в печать 20.10.14. Формат 60х90/16.
Бумага офсетная № 1. Гарнитура «Times».
Печать трафаретная на цифровом дупликаторе.
Усл. печ. л. 9,75. Тираж 500 экз. Изд. № 2872

ИЗДАТЕЛЬСТВО «ГОРНАЯ КНИГА»

Отпечатано в типографии
издательства «Горная книга»

119049 Москва,
Ленинский проспект, 6, издательство «Горная книга»
Телефон (499) 230-27-80; факс (495) 956-90-40;
тел./факс (495) 737-32-65

