

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Иркутский национальный исследовательский технический университет»

Институт недропользования



ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ (ИГОШИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2019)

Материалы конференции
XIX Международной научно-практической конференции

(Иркутск, 28 – 29 ноября 2019 г.)

ИЗДАТЕЛЬСТВО
Иркутского национального исследовательского технического университета
2020

УДК 622+669:001.895

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом ИРНИТУ

Перспективы развития горно-металлургической отрасли (Игошинские чтения – 2019) : мат- лы Междунар. науч.-практ. конференции. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2020. – 206 с.

В сборнике представлены материалы Международной научно-практической конференции, результаты теоретических, практических и экспериментальных исследований научных работников, преподавателей специалистов производства, аспирантов в области горного дела, геологии, экологии и смежных направлений.

Предназначен для преподавателей, студентов, магистрантов, аспирантов и научных работников, выполняющих исследования в горно-металлургической отрасли.

Редколлегия:

– ответственный редактор – Олзоев Б.Н., канд. геогр. наук.

Авторы опубликованных статей, тезисов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, экономико-статистических данных и прочих сведений. Компьютерный макет сборника оставлен из оригинальных авторских файлов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Домрачева В.А., Трусова В.В., Леонов Е.Ю., Остапчук Д.А. ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ УГЛЕРОДНЫМИ СОРБЕНТАМИ ИЗ СТОКОВ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК.....	6
Азизхонов И.М., Тальгамер Б.Л., Алидодов И.А. ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВОВЛЕЧЕНИЯ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ДРЕВНИХ ЭФЕЛЕЙ И ОТВАЛОВ УЧАСТКА ТЕРЕКЛИКАН МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАНДЖОЛ.....	12
Зайцев Н.В., Первойкин М.В., Кузнецов С.М. ВОЗМОЖНОСТИ ФОТОМЕТРИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В МИРОВОЙ ПРАКТИКЕ	23
Игнатова О.С., Демченко И.И. КОНСТРУКЦИИ СТРУННЫХ ГРОХОТОВ ДЛЯ РАССОРТИРОВКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УГЛЕЙ.....	28
Батжаргал Долгосурэн, Тальгамер Б.Л. АНАЛИЗ ИНТЕНСИВНОСТИ САМОЗАРАСТАНИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ПРИ ДОБЫЧЕ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНОЙ СМЕСИ В МОНГОЛИИ.....	33
Брюханова Д.Д., Фомина Е.Ю. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ОАО «БАЙКАЛКВАРЦСАМОЦВЕТЫ» КАК ДОБАВКИ В БЕТОНЫ И ЦЕМЕНТЫ.....	40
Петросов Ю.Э., Петросова Л.И. ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ АЛМАЗНО-ТРОССОВОЙ РАСПИЛОВКИ МРАМОРНЫХ МАССИВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕРРИК-КРАНОВ	44
Сорокин А.В. ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ СТАТИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРИ ПОСЛЕРЕМОНТНЫХ ИСПЫТАНИЯХ.....	48
Новиков Ю.В., Бурдонов А.Е., Лукьянов Н.Д. ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТА РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ CVD ТЕХНОЛОГИИ	53
Пикатова Д.С., Григорович А.А., Гурулев А.А., Иванова Р.Н. ТЕХНОЛОГИИ ОПЕРАТИВНОГО ОПРОБОВАНИЯ ПРИ ПОИСКАХ, ОЦЕНКЕ И РАЗВЕДКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	58
Воднева Е.Н., Ситников А.А., Агеенков Е.В. ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ИМПУЛЬСА И ВРЕМЕНИ ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА НА ПРОЯВЛЕНИЕ НИЗКОЧАСТОТНОЙ ДИСПЕРСИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ЗЕМЛИ В ИЗМЕРЕНИЯХ НА АКВАТОРИЯХ С ГЛУБИНОЙ ДО 100 М	63
Кырмыгенов А.Д., Иванова Р.Н. ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВЛАДИМИРСКОЕ (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)	71
Тугарина М.А., Садаева Д.Н. ТЕХНОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ХАРАНОРСКОЙ ВПАДИНЫ В ЮГО-ВОСТОЧНОМ ЗАБАЙКАЛЬЕ.....	76
Рященко Т.Г., Ухова Н.Н., Рубцова М.Н. ЭТАПЫ, МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ЛЕССОВЫХ И ГЛИНИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (МОНГОЛО-СИБИРСКИЙ РЕГИОН И СОПРЕДЕЛЬНЫЕ ТЕРРИТОРИИ).....	81

Беляев Е.Н. ОСОБЕННОСТИ КОМПЛЕКСНЫХ МАРКШЕЙДЕРСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ КАРЬЕРНЫХ УСТУПОВ	87
Охунов Ш.Р., Олзоев Б.Н. ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАЗРАБОТКАХ (КАРЬЕРАХ) С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	94
Кузнецов С.М., Клевцов Е.В., Зайцев Н.В., Первойкин М.В. К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ КАДАСТРОВЫХ ИНЖЕНЕРНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ КАРТ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ РАЙОНОВ ПРИБАЙКАЛЬЯ.....	99
Радченко С.А. ЗНАЧЕНИЕ ГИС В ВЫБОРЕ МЕСТА ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛИГОНА ТБО. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ	103
Фёдоров П.А. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ КАРТ ПРИ КОЛИЧЕСТВЕННОМ И КАЧЕСТВЕННОМ УЧЁТЕ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ ЮЖНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ	108
Богданов А.В., Шатрова А.С., Шкрабо А.И., Попова Г.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ УТИЛИЗАЦИИ КОЛЛОИДНЫХ ОСАДКОВ ШЛАМ-ЛИГНИНА	114
Туманова Н.И. СНИЖЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	121
Чайка Н.В., Качор О.Л. РЕМЕДИАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВЛИЯНИЮ МЫШЬЯКОВИСТЫХ ОТХОДОВ.....	125
Шестакова М.И. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ ГЕОСИСТЕМ ООО «РАЗРЕЗ ЧЕРЕМХОВСКИЙ» И ФИЛИАЛ «РАЗРЕЗ ТУЛУНУГОЛЬ» ООО «КОМПАНИИ ВОСТСИБУГОЛЬ».....	130
Щадов Г.И., Шестакова М.И. ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ.....	137
Аксенова В.С. ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ АНГАРСКОЙ ТЭЦ-9	142
Киндеев Е.А. АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ТРУДА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РИСКОВ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ БУРИЛЬЩИКА В ООО «БНК»	149
Парфентьева Н.А., Поспелова И.Ю. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ДЛЯ СКВАЖИН НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ГРУНТА	153
Стаценко Ю.Ю., Волчатова И.В. ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТНИКОВ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ	157
Зайцев В.И., Шишкин Я.А. НЕОБХОДИМОСТЬ РАСХАЖИВАНИЯ ОБСАДНЫХ КОЛОНН В ПРОЦЕССЕ ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ СКВАЖИН	161
Шелопугин А.О. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН	166
Красногорская Н.Н., Гладких И.Ф., Купцов А.В., Магид А.Б., Магид М.А. ОТМЫВКА НЕФТЕШЛАМОВ РАСТВОРАМИ ПАВ.....	170

Папешин И.М., Домрачева В.А. СТАБИЛИЗАЦИЯ РАБОТЫ НЕФТЯНОГО ПЛАСТА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ТЕХНОЛОГИИ ГРЕЮЩИХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ДЛЯ БОРЬБЫ С ПАРАФИНОВЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ НА НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ	174
Зайцев В.И., Устюжанин А.О. ТЕХНОЛОГИЯ STING BLADE	179
Шелопугин А.О. ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ ЗАМЕРОВ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ ПРИ БУРЕНИИ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН	184
Рожичина А.И., Рожичина К.И., Сорокина В.Е. КЛЕЙМЕНИЕ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ.....	189
Ковтун А.О., Анисимова Т.В. МИНИАТЮРНАЯ РОСПИСЬ НА ЮВЕЛИРНЫХ ВСТАВКАХ	194
Рожичина К.И., Анисимова Т.В. ВЫПОЛНЕНИЕ ЭСКИЗНЫХ ПОИСКОВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ КОМБИНИРОВАНИЯ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ СТИЛИЗАЦИИ ЖИВОТНОГО (ГАЗЕЛИ).....	200

УДК 628.543

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ УГЛЕРОДНЫМИ СОРБЕНТАМИ ИЗ СТОКОВ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ ФАБРИК

Валентина Андреевна Домрачева

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, профессор кафедры обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды им. С.Б. Леонова, доктор технических наук, профессор, e-mail domra@istu.edu

Валентина Валерьевна Трусова

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, доцент кафедры обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды им. С.Б. Леонова, кандидат технических наук

Евгений Юрьевич Леонов

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, аспирант кафедры обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды им. С.Б. Леонова

Дарья Евгеньевна Остапчук

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, магистрант кафедры обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды им. С.Б. Леонова

Аннотация статьи. В статье рассмотрены проблемы очистки сточных вод Быстринской горно-обогатительной фабрики от ионов тяжелых металлов. Приведен сравнительный анализ древесных, каменных, бурых углей в качестве сорбентов тяжелых металлов из водных сред. Определены физико-химические характеристики углеродных сорбентов АБЗ, КАД-йодный, БАУ-А, характеризующие сорбционную активность сорбентов по отношению к ионам металлов.

Ключевые слова: активные угли, углеродные сорбенты, каменные и бурые угли, медь, железо, сорбция.

JUSTIFICATION OF THE POSSIBILITY OF EXTRACTION OF HEAVY METALS WITH CARBON SORBENTS FROM WASTES OF MINING AND CONCENTRATING FACTORIES

Valentina A. Domracheva

Irkutsk National Research Technical University, Russia, Irkutsk, Professor of the Department of Mineral Processing and Environmental Protection named after S. B. Leonova, Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail domra@istu.edu

Valentina V. Trusova

Irkutsk National Research Technical University, Russia, Irkutsk, Associate Professor of the Department of Mineral Processing and Environmental Protection named after S. B. Leonova, candidate of technical sciences

Evgeny Y. Leonov

Irkutsk National Research Technical University, Russia, Irkutsk, post-graduate student of the Department of Mineral Processing and Environmental Protection named after S. B. Leonova

Daria E. Ostapchuk

Irkutsk National Research Technical University, Russia, Irkutsk, master of the Department of Mineral Processing and Environmental Protection. S. B. Leonova

The article deals with the problems of wastewater treatment of the Bystrinskaya mining and processing plant from heavy metal ions. A comparative analysis of wood, coal, brown coals as sorbents of heavy metals from aqueous media is presented. The physicochemical characteristics of the carbon sorbents ABZ, KAD-iodine, BAU-A, which characterize the sorption activity of the sorbents with respect to metal ions, have been determined.

Key words: activated coals, carbon sorbents, bituminous and brown coals, copper, iron, sorption.

В настоящее время Россия является одной из крупнейших стран мира, обладающих мощной минерально-сырьевой базой. Однако за последние 20 лет содержание цветных металлов в рудах снизилось в 1,3-1,5 раза, железа и золота – в 1,25 раза, доля труднообогатимых руд и угля возросла с 15 % до 40 % от общей массы сырья, поступающего на обогащение [1]. В переработку вовлекаются руды, характеризующиеся низким содержанием ценных компонентов, тонкой вкрапленностью и близкими технологическими свойствами минералов. Поэтому проблема сохранения минеральных ресурсов в нашей стране весьма актуальна.

Кроме того, необходимо решать проблему уменьшения антропогенного воздействия металлов на природную среду. Основными техногенными источниками поступления тяжелых металлов в гидросферу являются стоки горно-обогатительных и гидрометаллургических предприятий, машиностроительных, химических и других производств.

Сточные воды обогатительных фабрик по условиям технологического процесса содержат в своем составе твердые частицы различной крупности, а также растворенные и взвешенные в воде химические вещества, содержащиеся в горной породе. Загрязнителями сточных вод обогатительных фабрик также являются органические и неорганические флотационные реагенты, и продукты их взаимодействия с компонентами руды.

В настоящее время проблема загрязнения окружающей среды сточными водами, содержащими тяжелые металлы, особенно актуальна для Забайкальского края. На территории региона действует горно-обогатительное предприятие – Быстринская горно-обогатительная фабрика. Предприятие занимается добычей и обогащением золото-медно-железных руд карьеров Верхне-Ильдиканского, Быстринский-2, Малый Медный Чайник, Южно-Родственный с получением товарных полуфабрикатов (концентратов) для дальнейшей реализации на металлургических предприятиях в виде медного, железного и золотого гравитационного концентратов. Главными полезными компонентами в рудах

месторождений являются в среднем по пробам и по участкам медь (0,134-1,13 %), железо (25,5-31,9 %), а также золото (0,2-1,5 г/т) и серебро (0,3-24,1 г/т).

На Быстринской горно-обогатительной фабрике существует проблема очистки сточных вод от металлов с возможностью последующего доизвлечения ценных компонентов, таких как медь и железо. Сливы сгустителей, хвосты и сливы хвостохранилищ содержат ионы тяжелых металлов в пределах от 2 до 20 мг/л, что значительно превышает значения предельно допустимых концентраций (ПДК) металлов для пресных водоемов (таблица 1).

Таблица 1

Предельно допустимые концентрации металлов в водных объектах

Металл	ПДК рыбохозяйственный, мг/дм ³	ПДК культурно-бытовой, мг/дм ³
Железо	0,1 [2]	0,3 [3]
Медь	0,001 [2]	1,0 [4]

Анализ работ по извлечению металлов из сточных вод показывает, что, в основном они направлены только на очистку сточных вод, а не на извлечение ценных компонентов. Поэтому приоритетным является поиск новых и совершенствование имеющихся ресурсосберегающих технологий для извлечения ценных компонентов из производственных вод и техногенных образований.

В мировой практике одним из наиболее перспективных методов очистки сточных вод предприятий от металлов и других загрязнителей является сорбционный. Данный метод позволяет рекуперировать ценные вещества при высокой степени очистки сточной воды, которая может быть очищена до ПДК загрязняющих веществ и затем использована в технологических процессах или в системах оборотного водоснабжения.

Наиболее эффективны в качестве сорбентов активные угли (АУ) – углеродные сорбенты (УС). В РФ потребности народного хозяйства в АУ превышают их производство в несколько раз. Сохраняется острая необходимость в разработке новых, более дешевых и эффективных сорбентов для извлечения металлов из производственных сточных вод и техногенных образований.

Активные угли состоят из множества беспорядочно расположенных микрористаллов графита, образовавшихся в результате сочетания углеродных атомов при нагреве углеродсодержащего сырья. В настоящее время для сорбции из водных растворов используют гранулированные и порошкообразные угли, а также углеродные волокна [5].

Исходным сырьем для производства активных углей может служить практически любой углеродсодержащий материал: уголь, древесина, полимеры, отходы пищевой, целлюлозно-бумажной и других отраслей промышленности. Основным сырьем для производства сорбентов в Голландии является торф; в Германии – древесина, бурый уголь, скорлупа кокоса, фруктовые косточки; в Бельгии – каменный уголь; в России – каменный, бурый уголь, древесина, торф. Для получения УС, обладающих высокими прочностными свойствами и большим объемом тонких пор, используются такие нетрадиционные материалы как скорлупа различных видов орехов, фруктовые косточки и др.

В качестве сырья для производства углеродных сорбентов несомненный интерес представляют каменные и бурые угли (они отличаются достаточно невысокой стоимостью, имеют невысокую зольность (2–10%) и низкое содержание серы (0,2–1,2%)) [6]. Процесс углеобразования из остатков органического вещества растений проходит несколько стадий. На торфяной стадии в результате действия биохимических процессов образуются угольные структуры (гуминовые вещества) в молекулярной форме с ядрами конденсированного ароматического углерода.

На следующей стадии (образование бурых углей) преобладают химические процессы поликонденсации с возникновением и развитием полимерной структуры ароматического ядра, связанного с неароматическими боковыми радикалами. Следующая стадия, приводящая к образованию каменных углей, - это накопление углерода в форме ароматических слоев. При этом часть боковых радикалов вместе с водородом и кислородом удаляется в виде газов через пласты угля и окружающих его пород, в результате чего в толще угольных пластов образуются поры.

Основная предпосылка использования ископаемых каменных углей для получения сорбентов – сравнительно легкое образование у них требуемой пористой структуры и наличие достаточной механической прочности. Однако, бурые угли обладают более развитой пористой структурой, чем слабоспекающиеся длиннопламенные угли, что является предпосылкой получения сорбентов с микро- и мезопористой структурой, что является более приоритетным для извлечения металлов из сточных вод, так как металлы могут образовывать комплексные соединения.

Доступность и невысокая стоимость бурых углей привлекает внимание исследователей. Выбор исходного сырья определялся его природными и физико-химическими свойствами: начальной пористой структурой, высоким выходом летучих веществ (40 %), невысоким содержанием золы и серы (0,5 %). Бурые угли, подвергнутые термическому воздействию, обладают развитой пористой структурой, в которой представлены поры всех размеров – от микропор до видимых крупных пор. Наличие разветвленной системы транспортных пор обеспечивает хорошую доступность поверхности молекулам модифицирующего агента.

Наличие гетероатомов в угле (С, О, Н, N) способствует образованию в процессе карбонизации и активации на поверхности сорбента различных функциональных групп (СО, СОН, СООН, ОН), благодаря чему полученные сорбенты обладают амфотерными свойствами. Развитая пористая структура и наличие функциональных групп основного и кислотного характера на поверхности сорбентов – необходимые условия для извлечения тяжелых металлов из производственных растворов.

В данной работе авторами проведена оценка возможности использования углеродного сорбента АБЗ для извлечения меди и железа из производственных сточных вод. Сорбент АБЗ (активированный бурый зернистый) получен по классической технологии, включающей карбонизацию и активацию, из Азейских бурых углей Тулунского месторождения Иркутского угольного бассейна.

Ранее сорбент АБЗ был исследован по извлечению таких металлов, как цинк, кадмий, свинец, ртуть [7]. Для сравнения были взяты сорбенты КАД-йодный (каменноугольный активированный дробленый йодный) и БАУ-А (березовый активированный уголь марки А).

В работе были проведены эксперименты по определению физико-химических и сорбционных характеристик сорбентов: насыпной плотности, суммарной пористости по водопоглощению, осветляющей способности по йоду, метиленовому голубому (МГ). Результаты исследований представлены в таблице 2.

Таблица 2

Физико-химические и сорбционные характеристики углеродных сорбентов

Сорбент	Насыпная плотность, г/см ³	Содержание влаги, %	Механич. прочность, %	Суммарная пористость по воде, см ³ /г	Активность	
					По йоду, %	По МГ, мг/г
КАД-йодный	0,45	3,27	68	0,75	55	11,4
БАУ-А	0,24	3,58	60	1,6	60	17,9
АБЗ	0,51	1,51	76	0,59	55	12,2

Из таблицы видно, что наименьшей насыпной плотностью обладает сорбент БАУ-А на основе древесного угля, что предполагает наиболее развитую пористую структуру данного сорбента. Величина суммарной пористости по водопоглощению подтверждает, что сорбент БАУ-А обладает наибольшей пористостью среди анализируемых образцов.

Из полученных результатов видно, что наибольшим количеством мезопор, необходимых для эффективного извлечения металлов из водных сред, обладает сорбент БАУ-А. Вместе с тем следует отметить, что из сорбентов на основе ископаемых углей более эффективным по этому показателю является сорбент АБЗ.

Наиболее прочным из всех рассмотренных сорбентов является сорбент АБЗ из бурых углей, что подтверждается минимальным содержанием в нем влаги (более чем в 2 раза меньше влаги, чем в параллельно исследуемых образцах). Значительная механическая прочность позволит многократное использование сорбента в производственном процессе, поскольку разрушение сорбента происходит в процессе десорбции.

В соответствии с территориальным фактором, с высоким показателем активности по метиленовому голубому, с достаточной механической прочностью для извлечения тяжелых металлов из стоков Быстринской горно-обогатительной фабрики целесообразнее использовать сорбенты на основе бурых углей Иркутского бассейна, в данном случае – сорбент АБЗ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Чантурия В.А. Современные проблемы обогащения минерального сырья в России // Вестник ОГГГН РАН, № 4 (6). 1998.

2. Приказ Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 13 декабря 2016 года № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения» (с изменениями на 12 октября 2018 года)

3. ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования» (с изменениями на 13 июля 2017 года)

4. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения» (с изменениями на 2 апреля 2018 года)

5. Фальбе Ю.М. Химические вещества из угля. – М.: Химия, 1980. – 611 с.

6. Мухин В.М., Тарасов А.В. Клушин В.М. Активные угли России. – М.: Metallurgia, 2000. – 352 с.

7. Домрачева В.А. Извлечение металлов из сточных вод и техногенных образований: монография. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2006. 152 с.

© В.А. Домрачева, В.В. Трусова, Е.Ю. Леонов, Д.Е. Остапчук, 2019

УДК 622.342.2

ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ВОВЛЕЧЕНИЯ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ДРЕВНИХ ЭФЕЛЕЙ И ОТВАЛОВ УЧАСТКА ТЕРЕКЛИКАН МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАНДЖОЛ

Икболхон Мамадсахиевич Азизхонов

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, аспирант кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, e-mail iqbolkhon.zong-90@mail.ru

Борис Леонидович Тальгамер

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, заведующий кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых, доктор технических наук, профессор, e-mail talgamer@ex.istu.edu

И.А. Алидодов

Общество с ограниченной ответственностью «НУКРАФОМ», Республика Таджикистан

Аннотация статьи. Обоснована целесообразность вовлечения в эксплуатацию техногенных отложений, сформированных при добыче ценных металлов. Дано описание древних эфелей и отвалов участка Терекликан месторождения Канджол. Приведена методика и результаты бороздового опробования и выполнена оценка его достоверности. Выявлено занижение содержания серебра при ручном (с помощью зубила) способе бороздового опробования, выполненного предшественниками. Сделан анализ минерального состава древних эфелей и отвалов. Установлены промышленные значения этих отложений для добычи серебра. Предложена принципиальная технология извлечения ценных компонентов.

Ключевые слова: техногенные месторождения, бороздовое опробование, контрольное опробование, вещественный анализ.

ASSESSMENT OF THE FEASIBILITY OF INVOLVING IN THE OPERATION OF ANCIENT EPHELs AND DUMPS OF THE TEREKLIKAN SITE OF THE KANJOL DEPOSIT

Iqbolkhon M. Azizkhonov

Irkutsk National Research Technical University, Russia, Irkutsk, post-graduate student of the Department of Mineral Deposits Development, e-mail iqbolkhon.zong-90@mail.ru

Boris L. Talgamer

Irkutsk National Research Technical University, Russia, Irkutsk, Head of the Department of Development of Mineral Deposits, Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail talgamer@ex.istu.edu

I.A. Alidodov

Limited Liability Company "NUKRAFOM", Republic of Tajikistan

The expediency of involving in the operation of technogenic deposits formed during the extraction of valuable metals is substantiated. The description of the ancient ephels and dumps of the Tereklikan site of the Kanjol deposit is given. The technique and results of furrow testing are given and an assessment of its reliability is performed. An underestimation of the silver content was revealed with the manual (using a chisel) method of furrow testing performed by the predecessors. The analysis of the mineral composition of ancient ephels and dumps is made. The industrial values

of these deposits for silver mining are established. The basic technology of extracting valuable components is proposed.

Key words: technogenic deposits, furrow testing, control test, material analysis.

Введение. Промышленность Таджикистана состоит из более 90 отраслей и видов производства, к основным из которых относится горно-металлургическая. Большинство предприятий этого сектора преобразованы в акционерные и частные формы собственности, созданы предприятия с иностранным капиталом.

В республике имеются достаточные запасы сырья для металлургической, химической, строительной и других отраслей промышленности. Разведаны крупнейшие месторождения серебра, золота, железа, свинца, сурьмы, угля, поваренной соли, драгоценных камней и других полезных ископаемых. Наличие металлургических, горно-перерабатывающих, химических, машиностроительных, текстильных и других предприятий, обладающих высоким экспортным потенциалом, в ближайшей перспективе могут удовлетворить растущий спрос потребителей в производимом высококачественном сырье и продукции как внутри страны, так и за её пределами [1].

На территории Таджикистана действуют комбинаты по переработке свинцово-цинковых, свинцовых, медно-молибденовых, золоторудных, ртутно-сурьмяных и флюоритовых руд, предприятия по добыче и переработке драгоценных камней и камнесамоцветного сырья. Продукция горнодобывающих предприятий в основном предназначена на экспорт и имеет устойчивый спрос на мировом рынке. Крупнейшими предприятиями отрасли являются Таджикский алюминиевый завод, Адрасманский свинцово-цинковый комбинат, таджикско-британские предприятия по добыче и переработке золота «Зарафшон» и «Дарвоз».

Как отмечает Министерство экономического развития и торговли Республики Таджикистан, продукция добывающей промышленности имеет экспортное значение и влияет на динамику структуры экспорта (рис. 1).

Интенсивное развитие горнодобывающей промышленности, с одной стороны, приводит к истощению имеющихся в республике запасов, а с другой стороны, ведет к образованию большого количества отходов производства в виде отвалов и хвостохранилищ, остаточное содержание ценных компонентов в которых остается ещё достаточно высоким [2-4].

Отходы горного производства являются уникальным источником многих цветных и редких металлов [5-8]. Эксплуатация техногенных месторождений позволит поддерживать требуемый уровень производства металлов даже при значительном снижении объемов добычи металлических руд.

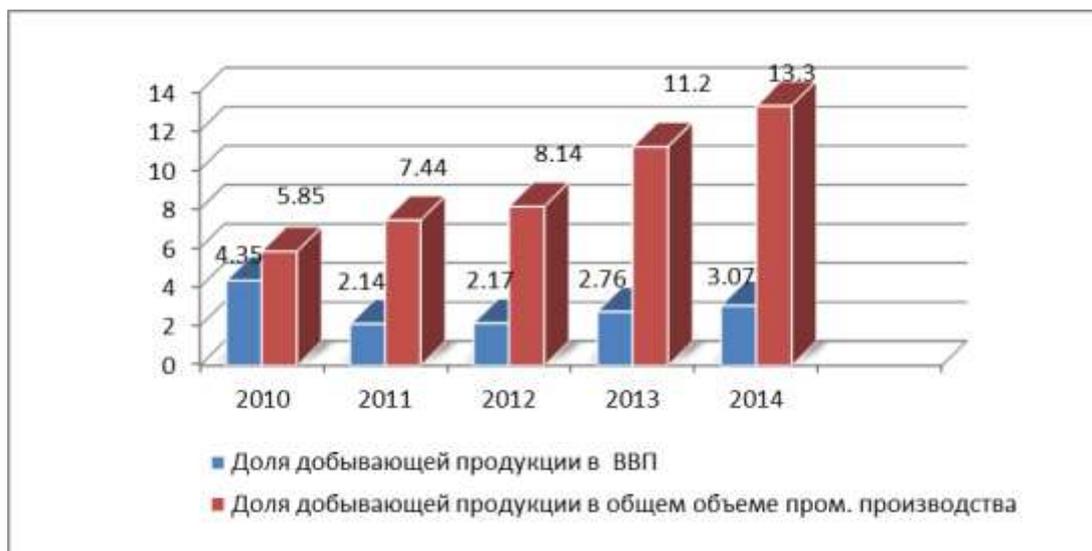


Рисунок 1. Место добывающей промышленности в экономике страны

Одной из причин малого вовлечения техногенного сырья в переработку являются высокие затраты на извлечение металлов, сопоставимые с затратами на добычу традиционных полезных ископаемых и даже превышающие их. К числу факторов, увеличивающих затраты на разработку техногенных месторождений и определяющих отсутствие заинтересованности потенциальных инвесторов в их разработке, относятся:

- более низкое качество техногенного сырья по сравнению с целиковыми месторождениями;
- сложность и высокая стоимость извлечения ценных компонентов, обусловленные физико-химическими свойствами сырья;
- не востребованность определенных видов сырья при наличии существенных объемов;
- экологические риски.

Среди факторов, способствующих снижению затрат на освоение техногенных месторождений, следует отметить:

- благоприятное расположение отвалов и отходов в районах с развитой промышленной и транспортной инфраструктурой;
- размещение техногенных месторождений не в недрах, а преимущественно на земной поверхности;
- раздробленное состояние горной массы;
- развитие новых технологий добычи и переработки минерального сырья, а также наличие горнодобывающих и перерабатывающих мощностей.

Объекты исследования. В настоящее время в Таджикистане уже началась разработка сложных техногенных месторождений, представленных отвалами ГОКов, в т.ч. участка Терекликан месторождения Канджол.

Первые сведения о древнем руднике Канджол были получены в 1925 году при проведении геолого-съёмочных работ под руководством Машковцева С.Ф. С 1925 по 1959 годы геологоразведочные работы велись периодически и были

разбросаны по отдельным участкам месторождения, поэтому результаты работ не давали объективной оценки запасам.

В период с 1959 г. по 1967 г. месторождение планомерно разведывалось Канджолской ГРП Управления геологии Таджикской ССР под руководством В.М. Турлычкина. По результатам разведочных работ составлен окончательный отчет с подсчетом запасов по состоянию на 01.01.1967 года. Месторождение Канджол выдвигалось как один из крупных объектов серебро – свинцовых руд, заслуживающих постановки детальных геологоразведочных работ.

В результате проведенного пересчета подсчитаны запасы руды, свинца, цинка и серебра древних эфелей и отвалов участка Терекликан месторождения Канджол. Подсчитанные запасы приведены в табл. 1.

Таблица 1

Подсчет запасов от участка Терекликан месторождения Канджол

Вид запасов	Запасы руды, тыс. т	Запасы металла		
		Pb, т	Zn, т	Ag, кг
Балансовые	418,0	405,4	383,4	47593,6
Забалансовые	286,126	0,0	0,0	16030,6
Всего	704,126	405,4	383,4	63624,2

При производстве геолого-съёмочных работ на месторождении Канджол отмечено 2500 древних выработок с большим количеством отвалов. Глубина отработки некоторых рудных тел достигает 150 м. Отвалы представляют материал ручной сортировки руды. Расположены они на местах производства добычи. Кроме того, выделены площади древних эфелей, образованных при переработке руды. Эфеля - мелкий передробленный и промытый материал обогащения, который расположен обычно в нижних частях саев, ранее имевших водотоки. Большинство площадей было опробовано на серебро отдельными пересечениями (канавами) или взятием горстьевых проб. По данным геолого-съёмочных работ Канджолской ГРП, запасов должно хватить минимум на 5 лет.

Первые технологические исследования древних эфелей и отвалов на месторождении Канджол проводились в 1960 году институтом ЦНИГРИ по двум пробам. Содержание серебра в первой пробе 125,8 г/т, во второй 128,2 г/т. К промышленным испытаниям было рекомендовано две схемы обогащения: непосредственного цианирования и предварительной флотацией с последующим цианированием хвостов флотации. Извлечение серебра по первой схеме 80-85%, по второй 90-93% [9].

В настоящее время на базе древних эфелей и отвалов участка Терекликан месторождения Канджол работает таджикско-канадское предприятие ООО «Нукрафом», которое осуществляет добычу серебра и других попутных металлов из древних эфелей и отвалов горнорудного производства, находящихся на площади Канджолского серебро-полиметаллического месторождения.

В данный момент ООО «Нукрафом» для получения серебра из отвалов и эфелей на фабрике использует процесс Меррил Кроу. Цианистые растворы кучного выщелачивания поступают на переработку на специальные установки. В технологическом отношении для извлечения благородных металлов из циа-

нистых растворов применяют методы цементации с использованием цинковой пыли (процесс Merrill-Crowe) [10].

Методика исследований. С целью получения более полных и точных данных о распределении полезных компонентов, качестве и объемах древних эфелей и отвалов геологоразведочные работы были продолжены в 2019 г (рис. 2). Разведочная сеть была принята с расстоянием между линиями 20 м и между опробуемыми сечениями на линии 5-10 м. Разведочные линии закладывались, преимущественно, вкрест вытянутости эфелей и отвалов. Для последних характерно преобладание в рудах крупного серебра, в связи с чем одним из важнейших вопросов при их изучении являлся вопрос определения достоверности бороздового опробования. Этот вопрос специально изучался на участке Терекликан месторождения Канджол.

Как известно, важнейшей задачей при оценке месторождений является проведение качественного опробования для получения достоверной информации по средним содержаниям серебра. Особенно это актуально для рудных объектов с крупным серебром. Поэтому весь процесс бороздового опробования, осуществляемого механизированным способом с помощью пробоотборника с алмазным диском, находился под постоянным геологическим наблюдением и контролем. Регулярно производилась проверка веса отобранных проб путем сравнения фактического веса проб с теоретическим.



Рисунок 2. Отбор проб эфелей на участке Терекликан месторождения Канджол

В процессы исследовательских работ бороздовое опробование применялось для характеристики минерализованных рудных зон и зон около-рудных изменений, вскрытых канавами. По результатам бороздового опробования оконтурен выход рудных зон на земную поверхность. Средняя длина проб составляла 2 м, сечение 10×5 см, вес проб 5-10 кг. Раздельными секциями опро-

бованы руды и зоны околорудных изменений. В случае неоднородного строения тела полезного ископаемого каждая разновидность его опробовалась отдельной секцией. Пробы отбирались по полотну канав. Отбор проб сопровождался тщательной геологической документацией, зарисовкой места взятия пробы в выработке, нанесением его на план опробования (рис. 3).

С целью определения достоверности рядового бороздового опробования с сечением 10×5 см (длина проб 2 м) в канаве 1005 с тех же интервалов отобраны бороздовые пробы длиной 2 м, с сечением 5×15 см с каждой стороны рядовой борозды (с последующим объединением в одну пробу с целью максимального «сближения» рядового и контрольного опробования). Общая длина опробованного интервала составила 10 м, который по геологическим признакам (количество прожилкового кварцевого материала) разделен на два локальных интервала – соответственно 4 и 7 м (рис. 4, 5).

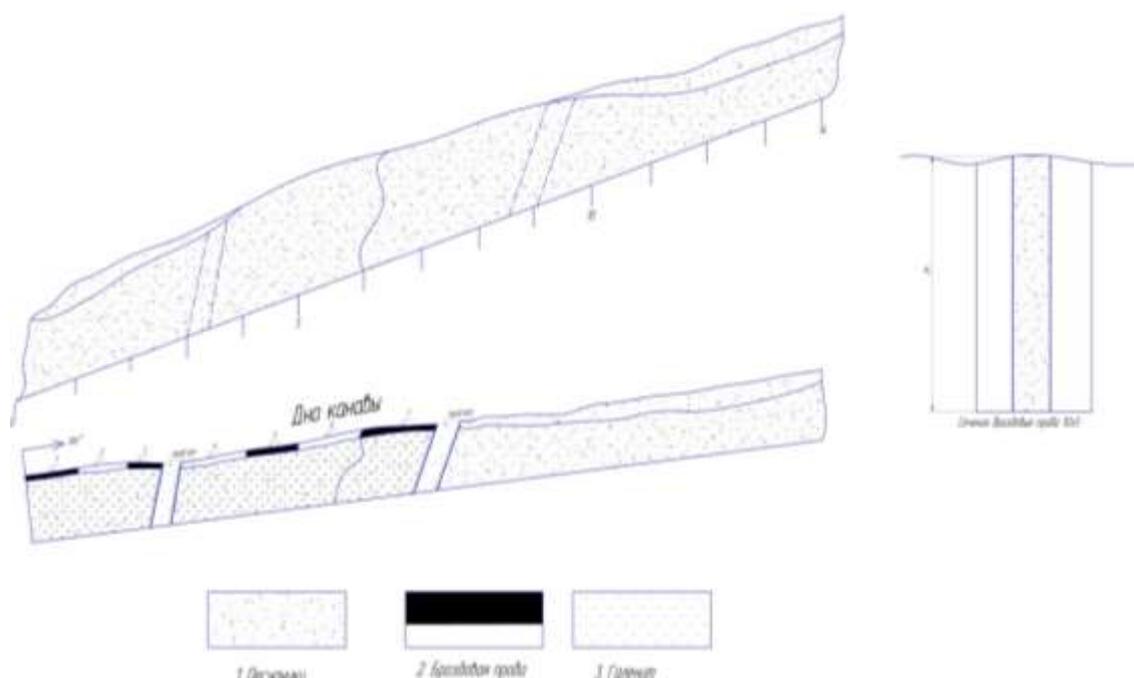


Рисунок 3. Схема отбора бороздовых проба на почве канавы

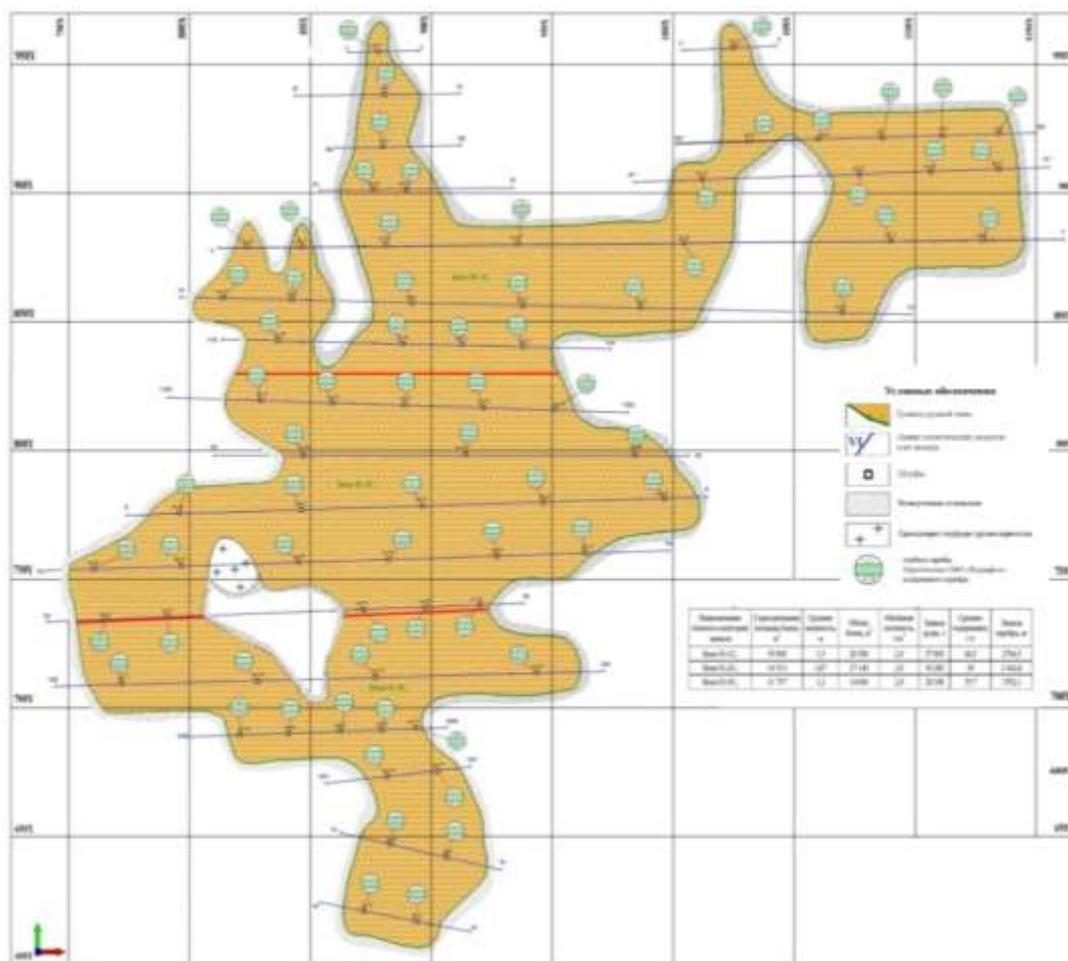


Рисунок 4. План опробования отвалов

Таким образом, из первого интервала были получены две рядовые бороздовые пробы с сечением 10×5 см. Рядовые пробы были обработаны по стандартной методике с отбором основной навески весом 1 кг, направленной на пробирный анализ с предварительной мокрой расситовкой, и дубликата того же веса.

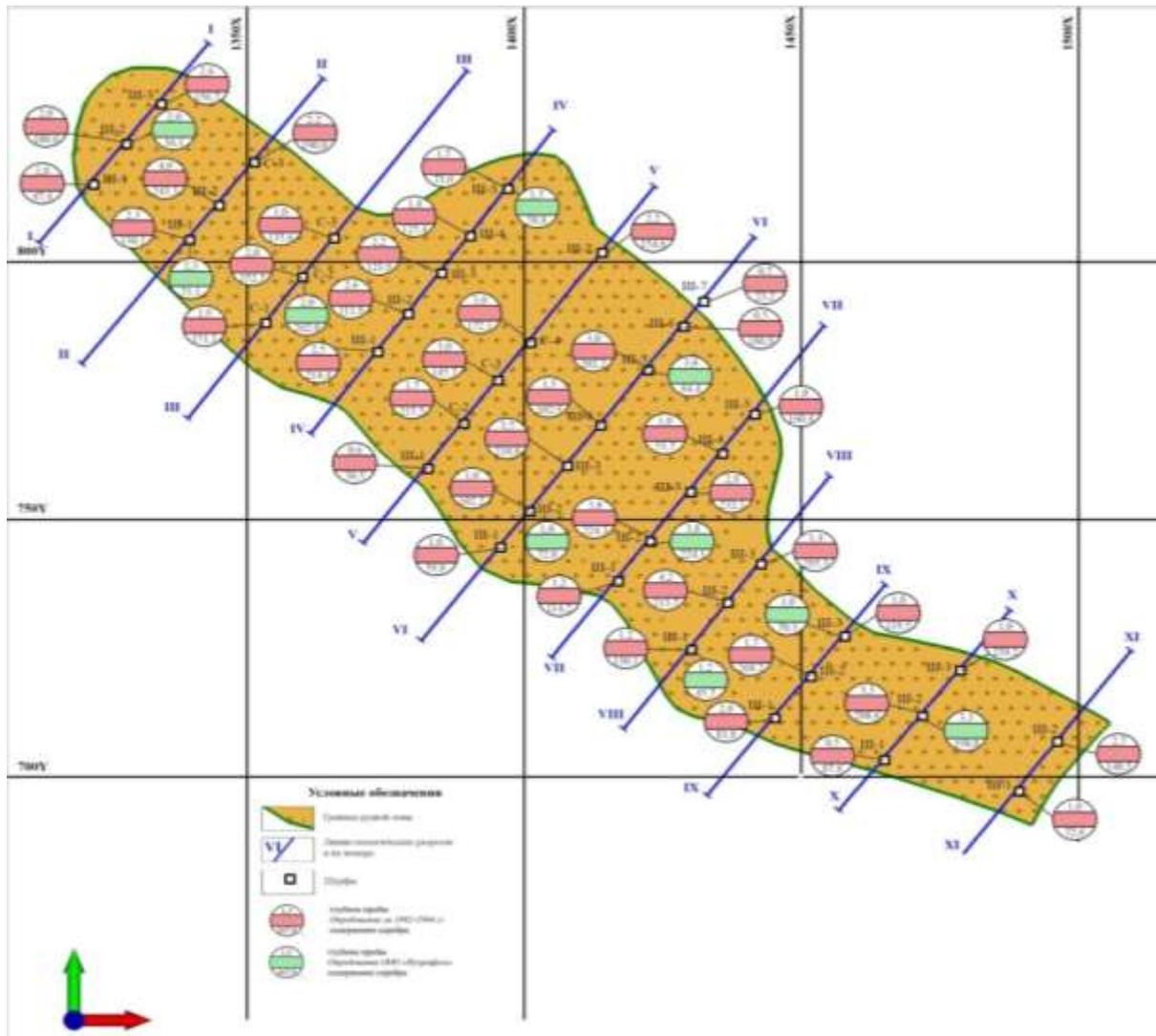


Рисунок 5. План опробования эфелей

Сечение борозды чаще всего принимался прямоугольным, реже - треугольным. Ширина борозды принималась, как правило, больше глубины. Сечение бороздовой пробы напрямую зависит от мощности рудной зоны и характера распределения рудных компонентов в ней.

Результаты исследований. Результаты пробирного и минералогического анализов всех проб, а также результаты их сопоставления приведены в табл. 2.

Таблица 2

Объемы и способы отбора проб на участке Терекликан месторождения
Канджол (канава 1005)

Бороздовые пробы			
№ пробы	Глубины пробы, м	Содержание серебра, г/т	Интервал опробования, м
18042	2	207,3	2-3
18043	1,6	34,8	3-4
18044	2	97,8	4-5
18045	2	53,7	5-6
18046	2	71,3	6-7
18047	1,6	18,9	7-8
18048	2	44,3	8-9
18049	2	52,9	9-10
18050	2	73,2	10-11

При проведении исследовательских работ особое внимание было уделено изучению вещественного состава с помощью различных видов анализа: химического, пробирного и спектрального на основные компоненты, результаты которых приведены в табл. 3.

Таблица 3

Химический состав эфелей и отвалов

Данные химического анализа, %		
Соединения, элементы	Эфель	Отвал
Кремнезем	68,96	64,52
Глинозем	12,50	14,50
Окись кальция	3,36	3,37
Окись магния	0,80	0,80
Окись калия	3,17	3,24
Окись натрия	0,34	0,30
Железо общее	3,90	2,80
Сера	0,30	0,23-0,31
Свинец	0,40	0,17
Цинк	0,25	0,17
Медь	0,03	0,02
Марганец	0,28	2,2
Серебро	0,0146	0,006
Золото	0,0004	0,0003
Молибден		Сл.
Данные спектрального анализа, %		
Ванадий	0,01	0,01
Висмут	Сл.	0,01-0,1
Кобальт	н/о	н/о
Сурьма	0,01	0,01
Галлий	0,001-0,01	0,001-0,01
Хром	0,1	0,01
Барий	0,01-0,1	н/о
Олово	0,001	0,001

В результате анализа вещественного состава серебросодержащих руд древних эфелей и отвалов месторождения Канджол установлено:

– пробы представляют серебряные, частично окисленные руды, содержащие, кроме серебра, свинец, цинк. В эфелях и отвалах пробы по вещественному составу схожи и отличаются количественным соотношением слагающих их компонентов. Содержание серебра в эфелях 146 г/т, в отвалах 60 г/т.

– главным ценным компонентом руд является серебро, к попутным (промышленно-ценным) относятся свинец и цинк.

– по данным исследований, в сульфидной фракции содержится серебра в эфеле – 3,2%, в отвале 18,7 %, в гидроокислах железа соответственно 56,6% и 48,16%, в магнитной фракции – 8,4% и 8,16%, в нерудных минералах 32% и 25%.

– свинец представлен галенитом, церусситом, плюмбоярозитом, цинк – сфалеритом, каламином, смитсонитом и биверитом.

– преобладающими рудными минералами являются гидроокислы железа и пирит. Все остальные рудные минералы имеют крайне низкую концентрацию (общая их сумма не превышает десятых долей процента).

Выводы:

– по результатам бороздового опробования и минералогического анализа пород древних эфелей и отвалов установлено их промышленное значение.

– главным ценным компонентом руд, эфелей и отвалов является серебро, к попутным (промышленно-ценным) относятся свинец и цинк.

– при анализе данных опробования, отличающихся высокой асимметрией распределения полезного компонента, рекомендуется предварительно проводить учет высоких проб и ограничивать их влияние одним из известных способов.

– проведенное бороздовое переопробование механизированным способом канав предшественников показало занижение содержаний серебра при ручном (с помощью зубила) способе бороздового опробования.

– добычу техногенного сырья рекомендуется производить с применением транспортной системы разработки, а извлечение ценных компонентов с использованием кучного выщелачивания.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Абдурахимов С.Я. Из истории горнорудного дела Таджикской ССР// История и методология естественных наук. Вып. XXI. Сер. Геология. - М.: Изд. – во МГУ, 1979. – С.144 – 152.
2. Абдурахимов С.Я. Инновационно-геоэкологические проблемы природно-техногенного разнообразия Таджикистана. – Худжанд: Нури маърифат, 2014. – 432 с.
3. Хакимов Н., Назаров Х.М., Мирсаидов И.У. Физико-химические и технологические основы переработки отходов промышленности. – Душанбе: Мавлави, 2012. – 120 с.
4. Санакулов К.С. Концептуальные основы решения проблем переработки техногенного сырья // Горный вестник Узбекистана, 2019, №2. – С. 42-56.
5. Алимов Р.С. и др. Применение флотационного метода обогащения для извлечения металлов из отвальных хвостов медно-обогатительной фабрики АГМК // Горный вестник Узбекистана, 2018, №1. – С. 47-51.

6. Санакулов К.С. Научно-технические основы переработки горно-металлургического производства. «Фан» АН РУз. 2009. – 404 с.
7. Лукомская Г.А., Пилецкий В.М. Извлечение меди, золота и серебра из отвальных продуктов методом кучного тиосульфатного выщелачивания // Горный журнал, 2002, №3. – С. 10-12.
8. Новые решения в технике и технологии добычи и переработки медно-молибденовых руд // Сборник докладов под общей ред. И.Ш. Сатаева. – Эрдэнэт, 2002. – С. 15-16.
9. Коган И.Д. Подсчет запасов и геолого-промышленная оценка рудных месторождений. – М.: Недра, 1971.
10. Каждан А.Б. Разведка месторождений полезных ископаемых. – М.: Недра, 1977.

© И.М. Азизхонов, Б.Л. Тальгамер, И.А. Алидодов, 2019

УДК 622.7

ВОЗМОЖНОСТИ ФОТОМЕТРИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В МИРОВОЙ ПРАКТИКЕ

Никита Викторович Зайцев

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, аспирант, e-mail: Nikita710@mail.ru

Михаил Владимирович Первойкин

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, аспирант, e-mail: Ronnie.94@mail.ru

Сергей Михайлович Кузнецов

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, аспирант, e-mail: Metallica-1994@mail.ru

Аннотация статьи. Одним из приоритетных направлений развития экономики России является научно-технический прогресс в добывающих и перерабатывающих отраслях промышленности. Совершенствование горно-обогатительного производства определяется новыми ресурсосберегающими технологиями и оборудованием.

Ключевые слова: фотометрическая сепарация, обогащение, сепарация, оптические.

Abstract of the article. One of the priority areas for the development of the Russian economy is scientific and technological progress in the mining and processing industries. Improvement of mining and processing production is determined by new resource-saving technologies and equipment.

Keywords: photometric separation, enrichment, separation, optical.

Введение. Фотометрическая сепарация – это метод радиометрического обогащения основан на регистрации оптических характеристик материала (цвет (цветность), блеск, коэффициент отражательной способности).

Промышленное производство фотометрических сепараторов было начато за рубежом в 60-х годах XX столетия британской компанией «Ganson Sortex Ltd», которая разработала несколько моделей сепараторов для материала различной крупности. Подача материала в зону измерения осуществлялась многоканальным транспортером, измерение интегральной монохромной отражательной способности осуществлялось в камере, где кусок осматривался с трех сторон. Выбивание кусков осуществлялось пневмоклапанами.

В отечественной промышленности первый фотометрический сепаратор был сконструирован Остаповым И.Т. в начале 60-х годов прошлого столетия [1]. Первые испытания показали перспективность данного метода. Более поздние отечественные разработки имели ряд недостатков. Так фотометрические сепараторы «Кварц» имели низкую разрешающую способность, чувствительность и производительность. Определение отражательной способности куска в измерительной камере осуществлялось в интегральном режиме. Производительность сепаратора на классе крупности –100+50мм не превышала 14 т/ч [2].

В конце 70-х годов институтом «ЦНИИолово» совместно с НПО «Буревестник» и СКБ ГОМ был разработан сепаратор с повышенной разрешающей способностью. Определение отражательной способности куска осуществлялось в дифференциальном режиме, минимальное поле обзора сепаратора (разрешающая способность) составляло 4 мм. Производительность сепаратора на классе крупности $-120+75\text{мм}$ не превышала 20т/ч [4]. В те же годы были предприняты попытки увеличения разрешающей способности фотометрических сепараторов за счет замены фотоэлектронных умножителей на телевизионные передающие трубки [4]. Общими для сепараторов подобного рода были следующие особенности: подача материала в зону измерения осуществлялась поканальным (ручьевым) способом, строго регламентировалось минимальное расстояние между кусками и предельно допустимая скорость подачи материала в зону измерения, что обуславливало низкую производительность сепараторов [5], сканирование поверхности куска осуществлялось большими площадями.

Таким образом, главными недостатками первых фотометрических сепараторов являлись – низкая разрешающая способность и малая производительность.

В 80-е годы XX века канадская компания «Ore Sorters Ltd» разработала и наладила выпуск более совершенных фотометрических сепараторов (модель M-16) с монослойной раскладкой кусков руды на ленте транспортера шириной 800мм, движущейся со скоростью 4 м/с. Коэффициент загрузки ленты транспортера составил 0,1–0,2. Сканирование материала производилось оптической системой, состоящей из гелий-неонового лазера и 20-гранного зеркального барабана, вращающегося со скоростью 6000 об/мин. Минимальное поле обзора – 2 мм. С помощью оптической системы производилась оценка дифференциальной отражательной способности и определение местоположения кусков на ленте транспортера.

В начале 90-х годов XX века под маркой Spectra-Sort совместным швейцарско-итальянским предприятием Minmet Financing Company был налажен выпуск фотометрических сепараторов, принцип измерения оптических характеристик перерабатываемого материала в которых базировался на трехкомпонентной модели светового потока. В данных сепараторах регистрация сигнала осуществлялась системой, состоящей из светоделительного стекла, которое разделяло световой поток на два или три спектрально эквивалентных потока, каждый из которых, проходя через соответствующий оптический фильтр (красный, зеленый и синий), попадал на фотоэлемент. Однако данная система не нашла широкого промышленного применения.

В конце 1990-х гг. на основе достижений цифровой фототехники и модернизации электронных систем сепараторов появилось новое поколение оборудования для фотометрического обогащения, в частности сепараторы OptoSort производства компании AIS Sommer (ФРГ) и сепараторы MikroSort [6] компании Mogensen, с более высоким уровнем распознавания сепарируемых объектов.

Высокая эффективность работы сепараторов обусловлена большим количеством воздушных клапанов (в зависимости от ширины ленты – от 96 до 224),

что позволяет более точно выбивать выбранный материал. Синхронизация электронной системы сепаратора с персональным компьютером позволяет производить его быструю настройку, а также открывает возможность непрерывного контроля процесса сепарации с определением качественно-количественных показателей продуктов сепарации за любой отрезок времени.

Область применения. Фотометрическая сепарация применяется в горной и пищевой промышленности, при производстве медикаментов и сельхозпродукции.

В настоящий момент в горной промышленности за рубежом подобные сепараторы получили наибольшее распространение при сепарации известняков, мрамора, кварцевого сырья, промышленных и бытовых отходов – сырья с однородным распределением полезного компонента в пределах отдельного куска [7].

Сепараторы OptoSort выпускаются в нескольких модификациях, отличающихся по способу подачи материала в зону измерения (ленточный конвейер, вибропитатель), по ширине подающего органа и измерительной камеры (300, 600, 1200, 1800мм). [1]

В настоящее время более 80 % запасов золота резервных месторождений сосредоточено в рудах с низким его содержанием - менее 3,5 г/т.

В последние годы благодаря достижениям в области микропроцессорной техники и компьютерных технологий созданы современные промышленные фотометрические сепараторы, обеспечивающие разделение минерального сырья крупностью от 250 мм до 5 мм по цветовым признакам, форме и симметрии. Сепараторы имеют производительность до 350 т/час и способны решать задачи крупнокускового обогащения руд при промышленной отработке крупных месторождений.

Фотометрическая сепарация уже применяется и положительно зарекомендовала себя на горных предприятиях Финляндии, ЮАР, Австралии, США, Канады [8].

Методы исследования. В основе метода лежит теория распознавания образцов. Поток руды сканируется высокоскоростной камерой. Компьютерная программа обработки изображения оценивает куски руды по нескольким параметрам: размеру, форме, площади, положению в пространстве, соотношению площадей различных цветовых характеристик на поверхности куска и даёт команду на выделение кусков заданных параметров из общего потока руды. Для этой цели установки фотометрической сепарации оборудованы форсунками с быстродействующими воздушными клапанами.

На фотометрическую сепарацию поступают машинные классы руды крупностью -250 + 5 или -250 + 10 мм. Отсев (крупностью -5 или 10 мм) объединяется с концентратом ФМС с получением обогащённого продукта, для последующего глубокого обогащения.

С применением фотометрической установки GemStar 600 в ЦНИГРИ выполнены исследования по крупнокусковой фотометрической сепарации руд золота различных типов, подтвердившие её эффективность [8].

Обсуждение результатов. Измерение оптических и геометрических параметров объекта в подобных сепараторах осуществляется цифровой строчной широкополосной камерой (ПЗС-матрицей). Критерием распознавания материала служат характеристики на основе цветностной модели RGB, которая позволяет различать до 16,77 млн. цветов. Кроме того, возможен учет 8-ми оптических и геометрических признаков разделения с логическими функциями «и», «или», «не». Минимальная площадь обзора для таких сепараторов составляет 0,3X0,3мм. Подача кусков осуществляется монослоем, коэффициент загрузки транспортирующего устройства 0,3–0,4.

Заключение. Фотометрический метод позволяет оценить лишь поверхность куска, при этом крайне важным является характер распределения минералов, который делят на три формы: поверхностное, скрытое и равномерное.

Поверхностное распределение минералов способствует выделению в концентрат кусков бедных по содержанию полезного компонента, но имеющих на поверхности незначительные примазки рудных минералов. Скрытая минерализация имеет противоположные последствия — выделение в хвосты богатых кусков. Данные формы распределения минералов-индикаторов снижают эффективность процесса. Равномерное распределение минералов в куске благоприятно для фотометрического обогащения.

Определение содержания ценного компонента, по которому осуществляется фотометрическая сепарация производится по стандартным методикам допустимых значений масс сокращенных проб и методов определения (пробирный, атомно-абсорбционный и т. д.).

Эффективность фотометрической сепарации, а также технологическую и экономическую целесообразность ее применения определяет гранулометрический состав. В силу того, что многие руды обладают избирательной измельчаемостью минералов, содержание полезного компонента в мелких классах зачастую отличается от среднего содержания по руде, вследствие чего, отсеив, не подвергавшийся фотометрической сепарации, присоединяется либо к концентрату, либо к хвостам фотометрического обогащения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Платонов А.Н. Природа окраски минералов. Киев.: Наукова думка. 2006. 264 с.
2. Отбор технологических проб при геологоразведочных работах на рудные полезные ископаемые. Методические рекомендации НСОМТИ № 102. М.: ВИМС. 2014. 26 с.
3. Остапов И.Т., Юрченко С.Д. Автоматическая установка для сортировки руд// Цветная Металлургия. Научно-технический бюллетень – 1967 – №14 – С 17-19.
4. Багаев М.С., Вигдорович В.Л., Гусаков Э.Г., Доброчасов Ю.Д., Лосьев М.И., Шапиро П.И. Фотометрическая сортировка кварцевых золотосодержащих руд//Цветные металлы – 1971 – №11 – С. 68-70.
5. Асанович К.С., Левитин А.И., Ковальчук В.А. Фотометрический сепаратор с повышенной разрешающей способностью//Цветные металлы – 1978 – №10 – С. 102-104.
6. Войтенко А.К. Пути совершенствования фотометрического метода обогащения руд// Цветные металлы – 1981 - № 3 – С. 101-104.
7. Анискин В.И., Мишина Л.А., Муругов В.П., Некипелов Ю.Ф., Ульрих Н.Н. Машины для сортирования сельскохозяйственных продуктов по цвету. – М., 1972, «Машиностроение». – 168 с.
8. Opto-electronic sorting// Official newsletter of the IMS Group of Companies – 2003 – №6 – pp.4-5.

УДК 622.333.622.721

КОНСТРУКЦИИ СТРУННЫХ ГРОХОТОВ ДЛЯ РАССОРТИРОВКИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УГЛЕЙ

Ольга Сергеевна Игнатова

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия, старший преподаватель, e-mail ignatova.ol@mail.ru

Игорь Иванович Демченко

Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия, доктор технических наук, профессор, e-mail demtchenkoi@yandex.ru

Аннотация статьи. Рассмотрены варианты сортирующих устройств (грохотов), применяемых для получения сортового угля. Представлены варианты наиболее экономичных и производительных грохотов. Обоснована необходимость использования грохота с шахматным расположением струн для повышения эффективности разделения сортируемого материала на классы.

Введение. Проблема обеспечения энергией – одна из самых значительных для многих областей промышленности. Уголь представляется самым известным теплоэнергетическим ресурсом во всем мире и по объемам использования превышает все остальные варианты топлива, что в перспективе и делает его самым недорогим и востребованным.

Извлекаемый рядовой уголь до момента доставки его потребителям должен быть переработан, для повышения эффективности его сжигания. Для сортировки, другими словами деления угля на фракции по крупности, используют всевозможные виды грохотов, являющиеся необходимым оборудованием на обогатительных фабриках и дробильно-сортировочных комплексах предприятий.

В настоящее время при рассортировке угля по классам крупности применяют вибрационные, инерционные и самобалансные грохоты, которые требуют подвода энергии, что повышает стоимость сортового топлива [1, 2]. Вместе с тем потенциал струнных и колосниковых грохотов, использующих гравитационный метод рассортировки и характеризующийся простотой и дешевизной полученного продукта, далеко не исчерпан.

Материалы и методы. Методы исследования включают поиск, накопление, систематизацию, анализ и обобщение ранее выполненных исследований по видам грохотов, применяемых при рассортировке угля по классам крупности; патентно-информационные и теоретические исследования.

Результаты исследования и их анализ. После проведенного анализа существующих сортирующих устройств, в Сибирском федеральном университете разработан струнный грохот (СГ) для сортировки угля, защищенный патентом России [3], фотография физической модели которого представлена на рисунке 1.

Принцип работы предлагаемого грохота заключается в следующем: рядовой уголь через загрузочный бункер 1 попадает на наклонно установленную переднюю стенку 2. Наклон передней стенки позволяет сортируемому материалу скользить по ней, что уменьшает измельчение материала и дает возможность набрать необходимую скорость для прохождения просеивающих секций 5, которые представляют собой поля с натянутыми струнами 3.



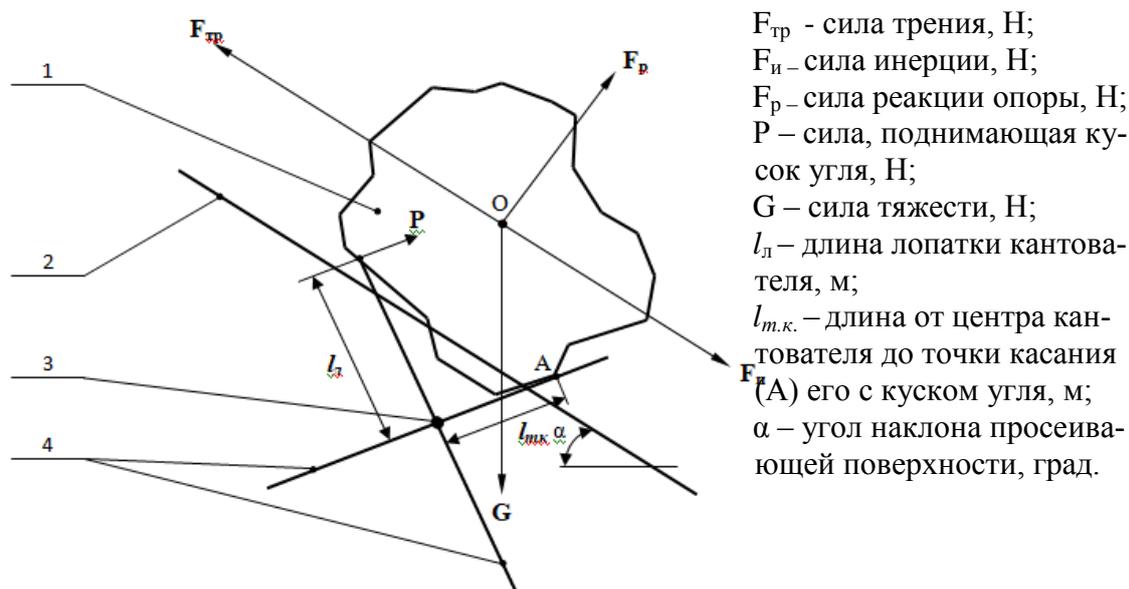
1 – загрузочный бункер; 2 – передняя стенка (из оргстекла); 3 – струны просеивающих секций; 4 – кантователи; 5 – просеивающие секции; 6 – приемные бункеры

Рисунок 1. Действующая модель струнного грохота

Расстояние между струнами каждой просеивающей секции соответствуют задерживаемому классу крупности, уменьшаясь от верхней, самой крупной, до нижней, самой мелкой. В верхней части просеивающих секций между струнами установлены свободно вращаются на поперечных струнах кантователи 4. Лопатки кантователей, взаимодействуя с сортируемым материалом, помогают кусочкам угля переворачиваться, стряхивая с себя более мелкие фракции, чем способствуют более качественной рассортировке. Кусок угля, попадая на лопатку своей передней частью какое – то время удерживается на ней, в то время когда следующая за ней другая лопатка, упираясь в заднюю часть куска, переворачивает его, укладывая на нижележащую ступень этого же яруса сортировки. (рис. 2).

Куски угля размером меньше межструнного расстояния под действием силы тяжести проваливаются на среднюю и далее на нижнюю просеивающую секцию. Задержанный уголь определенного класса крупности на каждой просеивающей секции попадает в приемные бункеры 6. Сверху и по бокам грохот за-

крыт кожухом (на фото снят) предотвращающим попадание пыли в окружающую среду при сортировке.



1 – кусок угля; 2 – струны просеивающей секции; 3 – ось; 4 – лопатки кантователя

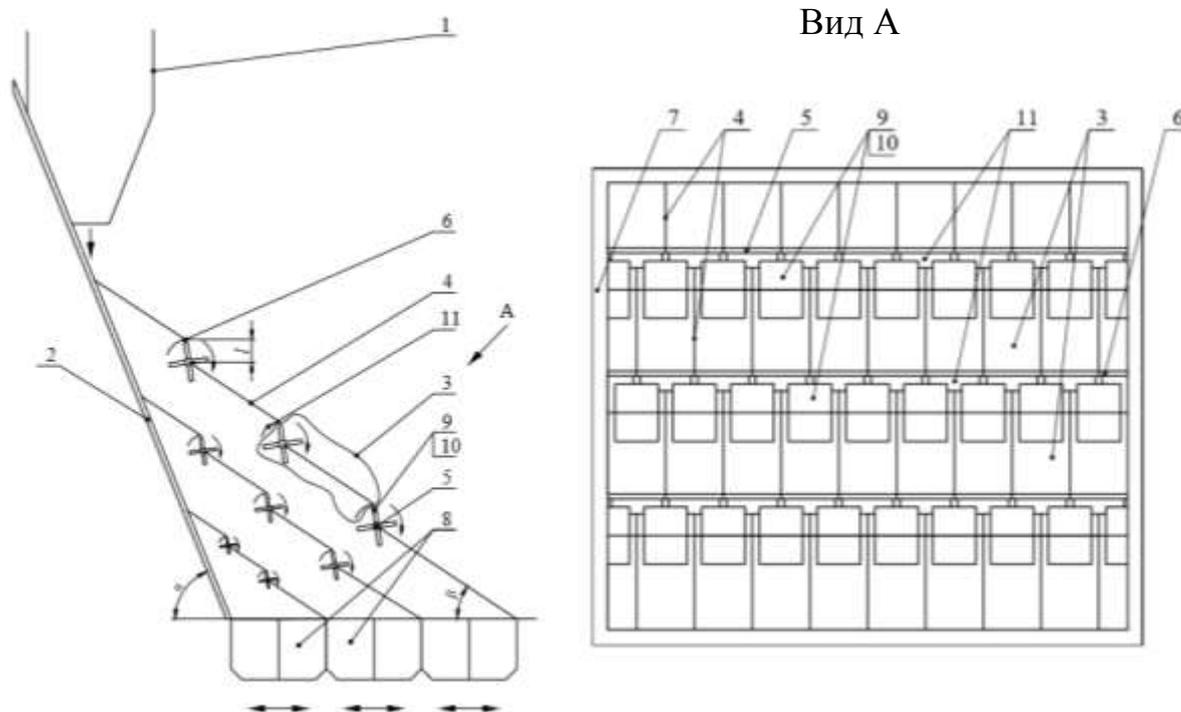
Рисунок 2. Движение кусочка угля по канатному полю и силы действующие на него

Предложенная конструкция проста, не требует подвода электроэнергии и эффективна при колосниковом исполнении просеивающей секции. Если же просеивающие секции выполнить из сильно натянутых канатов (струн), то в процессе эксплуатации, продольно установленные струны просеивающих поверхностей, имеющие значительную длину, могут растягиваться, в том числе и по сторонам, пропуская более крупные куски. По нашему мнению конструкцию именно струнного грохота можно улучшить для повышения эффективности разделения сортируемого материала на классы крупности.

Для повышения эффективности сортировки предлагается конструкция ступенчатого струнного грохота (рис.3), просеивающие поверхности которого выполнены ступенчато с расположением струн в шахматном порядке [4].

Принцип работы ступенчатого струнного грохота заключается в следующем: рядовой уголь через затвор бункера питателя 1, скатывается по передней стенке 2, установленной под углом α , превышающим угол естественного откоса сортируемого материала. Набрав необходимую кинетическую энергию, куски горной массы попадают на просеивающую поверхность, ступени 3 верхнего яруса. Она образована из продольных струн 4, установленных под углом β . Мелкие куски проваливаются между струнами верхнего яруса, а крупные задерживаются на струнах и, скользя по ним, падают с высоты на лопатки 10 кантователей 9, установленные на верхней поперечине 5 рамы 7, вращая их по часовой стрелке. При этом струны 4 нижележащей ступени расположены в шахматном порядке относительно вышележащей. Попадание мелких кусков угля на

восходящие лопатки кантователей предотвращается кожухом 11, установленным на нижней поперечине 6 рамы 7 каждой ступени просеивающей поверхности кроме самой нижней.



1 – бункер питатель, 2 – передняя стенка, 3 – ступени верхнего яруса, 4 – продольные струны, 5 – верхняя поперечина, 6 – нижняя поперечина, 7 – рама, 8 – приемный бункер, 9 – кантователи, 10 – лопатки, 11 – кожух

Рисунок 3. Ступенчатый струнный грохот

Таким образом, кусок угля, пройдя несколько ступеней верхнего яруса, несколько раз переворачивается и укладывается каждый раз на просеивающую поверхность, имеющую шахматное расположение струн по отношению к предыдущей ступени. В конце самой нижней ступени куски угля попадают в приемный бункер 8. Аналогичным образом происходит сортировка более мелких кусков угля на нижних ярусах, где ширина между струнами, ширина и длина их лопаток одинакова на данном ярусе и меньше чем на вышележащем ярусе, задерживая свой класс сортируемого угля.

Струнный грохот помимо боковых стенок снабжен герметичной крышкой, предотвращающей пыление при рассортировке горной массы.

Заключение. Таким образом, при сравнении вариантов представленных грохотов, выполнение просеивающих поверхностей ступенчато позволит уменьшить длину струн на ступени просеивающих поверхностей, что благоприятно скажется на «жесткости» натянутых струн и в конечном итоге повысит эффективность сортировки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреев С.Е., Петров В.А., Зверевич В.В. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. М: Недра, 1980. 415 с.
2. Серго Е.Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. М: Недра, 1985. 282 с.
3. Патент № 2568460. Российская Федерация. Струнный грохот МПК В07В 1/00. Демченко И.И., Игнатова О.С., Плотников И.С. Оpubл. 20.11.2015 г, бюлл. № 32.
4. Патент № 2692395. Российская Федерация Струнный грохот МПК В07В 1/12. Демченко И.И., Игнатова О.С., Плотников И.С. Оpubл. 24.06.2019 г., бюлл. изобр. № 18.

© О.С. Игнатова, И.И. Демченко, 2019

УДК 622:882

АНАЛИЗ ИНТЕНСИВНОСТИ САМОЗАРАСТАНИЯ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ ПРИ ДОБЫЧЕ ПЕСЧАНО-ГРАВИЙНОЙ СМЕСИ В МОНГОЛИИ

Долгосурэн Батжаргал

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, аспирант кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, e-mail: doogii.do@mail.ru

Борис Леонидович Тальгамер

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, заведующий кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых, доктор технических наук, профессор, e-mail: talgamer@ex.istu.edu

В настоящее время во всем мире отмечается интенсивный рост добычи полезных ископаемых. Особенно высокими темпами развивается добыча нерудных строительных материалов, что связано с увеличением гражданского и промышленного строительства, а также с развитием транспортной сети, в т.ч. автомобильных и железных дорог.

Добыча строительных материалов ведется повсеместно, гравийный смеси (ПГС) проводились в районе г. Улан-Батор (Монголия) с использованием космических снимков за 2009-2018 г., согласно которым было установлено, что количество карьеров за этот период возросло с 12 до 17 с увеличением количества карьеров существенно возросла площадь нарушенных земель (рис. 1 и 2).



Рисунок 1. Расположение карьеров по добыче стройматериалов вдоль реки Туул в 2009 г.



Рисунок 2. Расположение карьеров по добыче стройматериалов вдоль реки Туул в 2018 г.

Динамика роста нарушенных площадей при добыче ПГС по годам показана на рисунке 3.

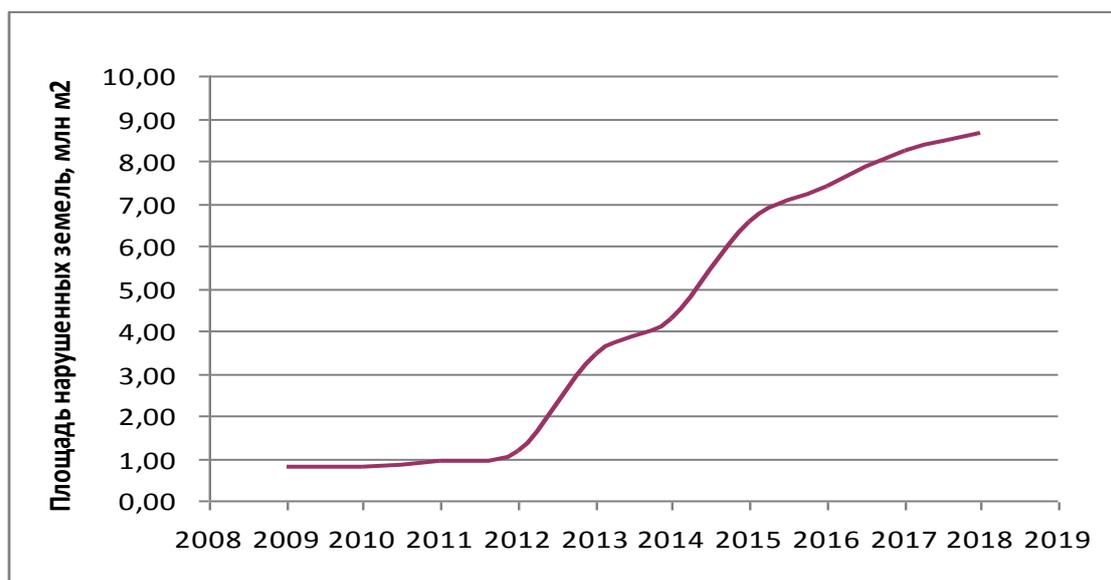


Рисунок 3. Динамика увеличения нарушенных земель при добыче ПГС

Из анализа рисунка 3 следует в долине р. Туул, что более интенсивное за-растание площадей карьеров наблюдается с 2012 г. по настоящее время.

Для изыскания путей снижения площадей нарушенных горных работами земель необходимы полевые исследования непосредственно на каждом карьере. К таким исследованиям относятся: определение параметров выработок и отвалов, измерение углов откосов бортов, изучение гранулометрического состава грунта, определение степени зарастания поверхности травянистой и кустарниковой растительностью с учетом экспозиции и крутизны склонов. Кроме того,

Немаловажное значение для самозарастания нарушенных земель имеют рельеф местности, окружающая растительность, количество осадков, скорость и направление ветров[2].

В весенний период 2019 года нами были проведены полевые исследования на двух карьерах в районе г. Улан-Батор. В результате было установлено, что самозарастание нарушенной поверхности происходит очень медленно (рис. 4). Из растений на нарушенной поверхности были обнаружены в небольшом количестве мелкие кустарники высотой не более 30 см (рис.6)и прошлогодние пучки травы.



Рисунок 4. Общий вид карьера после добычи ПГС



Рисунок 6. Участки карьера, заросшие кустарником

В летний период (август 2019 г.) была проведена вторая серия полевых наблюдений. В результате был исследован гранулометрический состав грунта на поверхности, определено общее количество растений при разных углах от-

косов бортов. Пробы грунта были взяты с разных карьеров в кол-ве 13 штук. Результаты гранулометрического состава представлены в таблице 1.

Для определения гранулометрического состава используются методы ситового анализа. Средний размер грунт, мм $d_{\text{ср}}$ определяются по формуле:

$$D_{\text{ср}} = \frac{d_1 * k_1 + d_2 * k_2 + d_3 * k_3 + d_4 * k_4 + d_5 * k_5}{K_{\text{общ}}}$$

где d_1 - размер грунта

k_1 - количество грунта

$K_{\text{общ}}$ – общий вес пробы грунта

В летний период самозаращение травянистой растительностью отмечается не на всей площади карьера, а только в местах с достаточно большим содержанием мелкозема. Более наглядно это представлено на рисунке 6.



Рисунок 6. Отбор проб для исследование гранулометрического состава грунта на откоса карьера

По результатам исследования предполагалось установить зависимость между гранулометрическим составом грунта и количеством растений на исследуемом участке. Результаты представлены на рисунке 7.

Результаты исследований самозарастания нарушенных земель с учетом их характеристики мест отбора проб грунта

№ пробы	Координаты	Угол(°) наклона поверхности	Направление уклона	Высота над уровнем моря	Общий вес(гр) пробы, грунта	Количество грунта по фракциям, гр					Средний размер грунта, ммd ср	Кол-во пучков травы, шт	Кол-во пучков травы, шт/м2
						>40	40-20	20-10	10-5	песок(гр) <5			
1	47°48'27"	3	87°В	1220	9190	0	500	325	975	7270	4,9	100	4
	106°34'59"												
2	47°48'27"	16	80°В	1210	9700	100	250	1000	910	7380	5,54	5	0,2
	106°34'59"												
3	47°48'27"	2	324°СЗ	1220	11015	400	1185	1000	1655	6775	9,4	40	1,6
	106°34'59"												
4	47°48'27"	29	284°З	1210	10780	270	265	850	1265	8130	6,1	20	0,8
	106°34'59"												
5	47°48'24"	2	305°СЗ	1210	11870	220	1655	1475	1395	6200	9,3	55	2,2
	106°34'59"												
6	47°48'24"	29	283°З	1230	12000	0	780	1200	2170	7600	6,4	10	0,4
	106°34'60"												
7	47°48'24"	9	275°З	1200	8400	280	945	1135	980	5000	9,7	60	2,4
	106°34'57"												
8	47°48'53"	19	214°ЮЗ	1270	9900	0	610	270	315	8700	4,6	56	2,24
	106°40'1"												
9	47°48'54"	13	233°ЮЗ	1270	11625	0	100	120	550	9900	2,8	20	0,8
	106°40'1"												
10	47°48'54"	17	-	1270	9590	0	60	345	535	8650	3,2	50	2
	106°40'1"												
11	47°48'56"	9	208°ЮЗ	1260	11760	0	1000	1300	1400	7465	6,3	15	0,6
	106°39'55"												
12	47°48'56"	9	220°ЮЗ	1260	10500	0	200	160	205	9700	4	10	0,4
	106°34'55"												
13	47°49'8"	7	351°С	1240	11900	280	150	790	700	9000	5,11	10	0,4
	106°39'33"												



Рисунок 7. График зависимости кол-ва растений от среднего размера частиц в поверхностном слое

На графике (рис. 8) не отмечается ярко выраженного влияния размера частиц на количество травяных растений. Однако такая зависимость наблюдается на отдельных участках, где более выражено содержание более мелких фракций (менее 1 мм).

Кроме того, проводились измерения углов наклона бортов карьеров и откосов отвалов и устанавливалась плотность зарастания их поверхности (рис. 8).

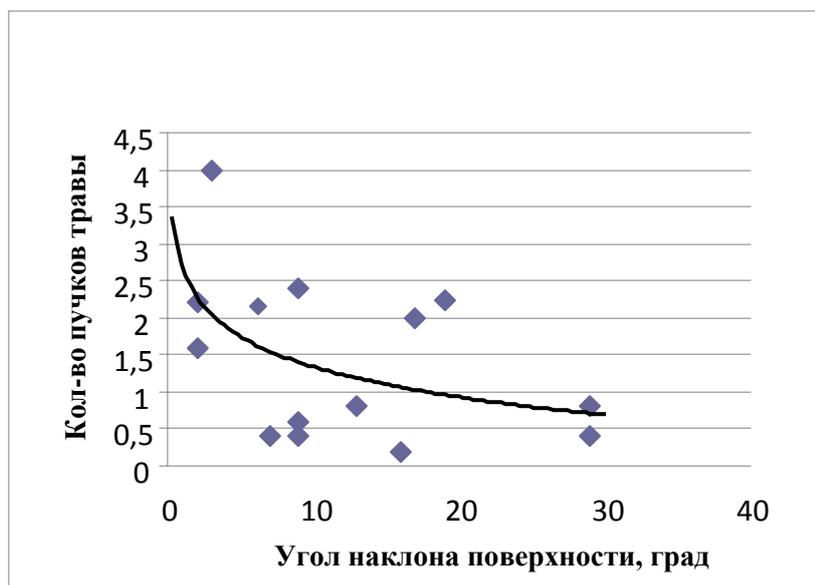


Рисунок 8. График зависимости количества растений от угла наклона нарушенной поверхности

Из рисунка 8 следует, что увеличение угла наклона поверхности негативно сказывается на общем закрепившихся растений.

Дальнейшее исследование самозарастания карьеров по добыче ПГС в Монголии будет направлено на увеличение количества анализируемых участков при определении зависимости плотности растительности от углов наклона

поверхности, влияния на восстановления растительности экспозиции склонов, направления ветров, влажности пород, удаленности от ненарушенной территории.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тальгамер Б.Л., Шиверновский А.В., Коробкова Е.А. Восстановление земель, нарушенных открытыми горными работами, в условиях Восточной Сибири. Иркутск Изд-во ИрГТУ, 2012. 132 с.
2. Семенов М.С. Характеристика нарушенных земель при добыче стройматериалов в поймах рек // Мат-лы Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием «Геонауки 60. Актуальные проблемы геологии, планетологии и геоэкологии». Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2012. С. 336-340.
3. Семенов М.Е., Коробкова Е.А. Анализ структуры нарушенных карьерами земель в условиях Восточной Сибири // Известия вузов. Горный журнал, 2012. № 8. С.16-20.
4. Галайда К.П. Характеристика нарушенных земель и эффективность использование недр при добыче строительного камня в Иркутской области // Сборник науч. тр. «Проблемы освоения минеральной базы Восточной Сибири». Иркутск: ИрГТУ, 2013. С.56-62
5. Галайда К.П. Анализ условий восстановления растительности на карьерах по добыче мрамора и разработка мероприятий по совершенствованию рекультивационных работ // Мат-лы Всерос. студ науч.-практ. конф. «Безопасность-2015». Иркутск: ИРНТУ, 2015. С. 121-123.

© Д. Батжаргал, Б.Л. Тальгамер, 2019

УДК 656.11

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ОАО «БАЙКАЛКВАРЦСАМОЦВЕТЫ» КАК ДОБАВКИ В БЕТОНЫ И ЦЕМЕНТЫ

Дарья Дмитриевна Брюханова

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, Иркутск, магистрант, e-mail: brukhanova.d@mail.ru

Елена Юрьевна Фомина

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, Иркутск, кандидат технических наук, доцент, e-mail: e_u_fom@bk.ru

Аннотация статьи. Рассмотрены результаты экспериментальных исследований по использованию отходов камнеобрабатывающих предприятий, воздействие этих отходов на окружающую среду и здоровье человека. Проведен анализ возможностей применения отходов камнеобрабатывающего предприятия ОАО «БайкалКварцСамоцветы», как добавки в бетоны и цементы.

Ключевые слова: Камнеобрабатывающее предприятие, отходы, добавки в бетоны, добавки в цементы.

THE USE OF WASTE OF JSC "BAIKALKVARTSAMOTSVETY", AS ADDITIVES IN CONCRETES AND CEMENTS

Darya Brukhanova

Irkutsk National Research Technical University, Russia, Irkutsk, graduate student, e-mail: brukhanova.d@mail.ru

Elena Fomina

Irkutsk National Research Technical University, Russia, Irkutsk, candidate of technical Sciences, associate Professor, e-mail: e_u_fom@bk.ru

The results of experimental studies on the use of waste stone processing enterprises, the impact of these wastes on the environment and human health. The analysis of possibilities of application of waste of the stone-processing enterprise of JSC "Baikalkvartsamotsvety" as additives in concrete and cements is carried out.

Key words: Stone processing plant, waste, concrete additives, cement additives.

Введение. Камнедобывающие и камнеобрабатывающие предприятия производят изделия из природного камня в основном для капитального строительства, а также для народного потребления, например, ювелирные изделия. Такие предприятия после обработки руды оставляют множество отходов, которые могут нанести вред окружающей среде.

Утилизация отходов в камнеобрабатывающей и камнедобывающей промышленности является весьма актуальной, так как она имеет непосредственную связь с дальнейшим снижением материалоемкости изделий из природного камня и рациональным использованием сырьевых ресурсов при добыче и обработке [1]. Из-за специфики технологических процессов получения ювелирных

изделий, где продукция должна иметь определенную форму, более половины обрабатываемого сырья также превращаются в отходы.

Использование отходов камнеобрабатывающего предприятия, как добавки в бетон или цемент значительно снижают экологическое воздействие на окружающую среду [2-4]. Минеральные добавки (МД) становятся в последнее время почти обязательным компонентом бетона, обеспечивающим улучшение его технических свойств. Они вводятся в больших количествах (50-150 кг/м³ и более) и в сравнении с другими видами добавок оказывают наиболее многоаспектное воздействие на структуру и свойства бетона.

Целью данной работы является исследование содержания отходов разных классов крупности ОАО «БайкалКварцСамоцветы» и возможности их применения в качестве минеральных добавок в бетоны и цементы.

Методы исследований. ОАО «БайкалКварцСамоцветы» расположено в п. Смоленщина Иркутской области и занимается добычей и переработкой драгоценных, полудрагоценных и поделочных камней. Например, чароита, нефрита, лазурита, жадеита, офиокальцита, ляпис-лазури и других.

Проведенные исследования состава отходов ОАО «БайкалКварцСамоцветы» показали, что на предприятии камнеобработка дает лишь 20 % конечного материала, все остальное представлено в виде отходов мелкой фракции. В процессе обработки, где камню придают требуемую форму, размеры и фактуру лицевой поверхности, количество отходов возрастает. Процессы разборки-сортировки, шлифовка и окантовка в совокупности дают около 12 % отходов от исходного объема распиливаемого блока.

В совокупности в процессах добычи и обработки камня более 60 % добываемой горной массы превращается в отходы. В свою очередь, из общей массы отходов около половины (48 %) относятся к крупногабаритным («негабариты», «корка» и «подошва»). Значительную часть отходов (примерно 27 %) составляют среднегабаритные куски (околы, щебень и бут). Мелкодисперсные отходы (шлам) составляют 25 % от всего объема отходов.

Все минеральные отходы, образующиеся в сферах добычи и обработки камня, могут быть условно классифицированы в зависимости от их крупности (размеров) и формы на шесть основных групп: глыбы, окол, бут, щебень, штыб, шлам. В свою очередь глыбы подразделяются на крупные, среднего размера и мелкие, а окол – на объемный и плоский. Для исследований в качестве минеральных добавок в бетоны и цементы были отобраны пробы отходов офиокальцита Алзагайского месторождения Иркутской области крупностью -20+10 мм и -10+5 мм.

Результаты. Отходы камнеобрабатывающих заводов можно использовать в самых разнообразных целях [9]. Наиболее перспективные пути комплексного использования отходов:

- изготовление различных фигурных пресс-форм для производства тротуарной плитки;

- переработка на декоративные щебень и песок, которые в дальнейшем будут использованы для получения искусственных блоков (ГОСТ 21-40-84) и декоративных плит; строительного щебня, бутового камня, камней бортовых и брусчатых и т. п.;

- производства известняковой муки, карбонатного песка, минеральных добавок;

- для создания мозаичного рисунка на полу или стене;

- для отделки стен, как внутри, так и снаружи здания;

- производства различных наполнителей для лакокрасочной промышленности, минеральные добавки в строительные растворы, пластифицирующие добавки в штукатурные растворы;

- создания декоративно-прикладных изделий;

- для изготовления бетонных плит.

Из более крупных отходов совместно с мелкими фракциями на цементных и полимерных вяжущих получают декоративные плиты для настилки полов [6]. Используют два метода изготовления плит:

- формование отдельных плит с последующим шлифованием их поверхности;

- формование крупных блоков из отходов и связующего и последующая распиловка этих блоков на плиты.

При производстве таких плит очень важно, чтобы износостойкость связующего и декоративного камня были возможно близкими; в противном случае возможна быстрая потеря эксплуатационных качеств плиты вследствие неравномерного износа. Для достижения равномерности износа наполняют полимерное связующее тонким порошком из той же породы, а цементное вяжущее модифицируют полимерными добавками. Для повышения выхода кондиционных блоков и плит из трещиноватых пород используют пропитку таких пород полимерным связующим и склейку распадающихся плит с использованием полимерных или стеклянных армирующих сеток.

В настоящее время разрабатываются новые технологии или новые применения давно существующих технологий с целью усовершенствования переработки отходов камнеобрабатывающего производства. В условиях нехватки ресурсов повторная переработка отходов становится источником недорогих стройматериалов. Современные модели оборудования, а также новые эффективные технологии позволяют повторно пускать в промышленный оборот отходы камнеобработки. В настоящей работе для производства бетона в качестве щебень-фракции были использованы отходы дробленого камня офиокальцита крупностью -20+10 мм и -10+5 мм. Соотношение компонентов было следующим: цемент 305 кг; песок 825 кг; щебень (отходы офиокальцита) 1170 кг; вода 140 кг на 1 метр кубический бетона [5,7]. После выдержки в течение 20 суток при положительной температуре была измерена усредненная прочность полученного бетона, которая составила 196,5 кг/см².

Обсуждение. Анализ литературных источников по свойствам бетонов показал, что бетон, полученный с использованием отходов камнеобрабатывающих предприятий, соответствует классу М200. Такие бетоны оптимально под-

ходят для подпорных стен, стяжки полов, отмосток, фундаментных конструкций [5,7]. Как показал анализ, использование отходов камнеобрабатывающего предприятия ОАО «БайкалКварцСамоцветы» в качестве минеральных добавок для бетона, является один из самых эффективных и экологичных методов утилизации отходов.

Таким образом, вовлечение отходов камня в производство обеспечивает сокращение трудозатрат и затрат на энергию за счет ликвидации операций распиловки, шлифовки, полировки; позволяют уменьшить в десять и более раз удельные капитальные вложения за счет сокращения или полного отказа от камнеобрабатывающего оборудования. Основным преимуществом искусственных облицовочных материалов-заменителей природного камня являются низкая радиоактивность, меньший вес и улучшение эксплуатационных показателей.

Заключение. Проведен литературный обзор влияния отходов камнеобрабатывающей промышленности на окружающую среду и предложены пути решения данной проблемы. Были детально проанализированы отходы ОАО «БайкалКварцСамоцветы», рассмотрены основные направления использования и утилизации отходов предприятия. Для утилизации отходов предприятия предложено использовать их как минеральные добавки в бетон. В настоящей работе для производства бетона в качестве щебень-фракции были использованы отходы дробленого камня офиокальцита крупностью -20+10 мм и -10+5 мм. Прочность полученного бетона составила $196,5 \text{ кг/см}^2$, что соответствует классу М200.

Таким образом, многообразие отходов камнеобрабатывающей промышленности способствует загрязнению окружающей среды, но переработка отходов через создание индустрии утилизации, в том числе повторного применения отходов в качестве сырья, приведет к улучшению экологической обстановки в целом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волуев И.В., Сычев Ю.И., Ткач В.Р. Безотходная технология добычи и обработки блочного природного камня. – М.: Недра, 1994. – 192 с.
2. Авренюк Андрей, «Восстановление бетонных и железобетонных конструкций» / Андрей Авренюк. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2011. - 184 с.
3. Берг О.Я., «Высокопрочный бетон» / О.Я. Берг. - М.: Книга по Требованию, 2012. - 208 с.
4. Белов В.В. Конспект лекций по курсу «Вязущие вещества». Тверь, 2006г.
5. Майоров П. М., «Бетонные смеси. Рецептурный справочник для строителей и производителей строительных материалов» / П.М. Майоров. - М.: Феникс, 2009. - 464 с.
6. Мамасаидов М.Т., Мендекеев Р.А., Калдыбаев Н.А. Способ изготовления колотых строительных изделий из природного камня. Патент КР № 546 от 31.01.03 г.
7. Несветаев Г. В., «Бетоны» / Г.В. Несветаев. - М.: Феникс, 2013. - 384 с.
8. ГОСТ 30515-97. Цементы. Общие технические условия
9. Строительные материалы из отходов промышленности. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. 2007 – 76 с.

© Д.Д. Брюханова, Е.Ю. Фомина, 2019

УДК.622.48

ОПТИМАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ АЛМАЗНО-ТРОССОВОЙ РАСПИЛОВКИ МРАМОРНЫХ МАССИВОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕРРИК-КРАНОВ

Юрий Эдуардович Петросов

Ташкентский государственный технический университет имени И. Каримова, Р Республика Узбекистан, г. Ташкент, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности»

Лариса Ивановна Петросова

Ташкентский государственный технический университет имени И. Каримова, Республика Узбекистан, г. Ташкент, доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности», e-mail: petrosova-larisa@mail.ru

Аннотация статьи. В статье рассмотрены методы канатной распиловки мраморных блоков. Приведен расчет сменной и годовой производительности станка по горной массе. Определены оптимальные параметры монолитов, подготавливаемых к выемке из массива. Произведены расчеты по технико-экономической оценке деррик-кранов в зависимости от глубины разработки карьера. В результате научных исследований доказано, что эффективность использования «деррик-кранов» повышается по мере увеличения угла падения пластов. Полученные результаты позволили сократить количество переустановок, повысить интенсивность горных работ и увеличить объем горной массы, вовлекаемой в отработку в зоне охвата крана.

Ключевые слова: горная масса, канат, бурение, блоки

OPTIMAL DIAMOND-ROPE CUTTING OF MARBLE ARRAYS WITH USE DERRICK CRANES

Yuri E. Petrosov

Tashkent State Technical University named after I. Karimov, Republic of Uzbekistan, Tashkent, Associate Professor, Department of Mining

Larisa I. Petrosova

Tashkent State Technical University named after I. Karimov, Republic of Uzbekistan, Tashkent, Associate Professor, Department of Life Safety, e-mail: petrosova-larisa@mail.ru

The article discusses the methods of rope sawing marble blocks. The calculation of the shift and annual productivity of the machine in terms of rock mass is given. The optimal parameters of monoliths prepared for excavation from the array are determined. Calculations were made on the feasibility study of derrick cranes depending on the depth of the quarry development. As a result of scientific research, it was proved that the effectiveness of the use of derrick cranes increases with increasing angle of incidence of the formations. The results obtained made it possible to reduce the number of reinstalls, increase the intensity of mining operations and increase the volume of rock mass involved in mining in the crane coverage area.

Key words: rock mass, rope, drilling, blocks.

Введение. Добыча блоков с помощью канатных пил имеет наибольшие перспективы при разработке мраморных месторождений. Однако его широкое применение связано с установлением оптимальных параметров технологиче-

ских схем подготовки пород к выемке в породах с различной степенью трещиноватости и прочности.

Отделение от массива блоков осуществляется путем создания трех искусственных плоскостей раскола к имеющимся трем естественным плоскостям обнажения в массиве. Создание искусственных плоскостей раскола при технологии канатной распиловки достигается путем бурения трех скважин (двух горизонтальных и одной вертикальной). Через скважины пропускается канат и посредством замкового соединения концы каната связываются в замкнутое кольцо. За счет вращения шкива придается движение канату, который начинает углубляться в мрамор по мере его перемещения и натяжения каната [1].

Зависимость для расчета эксплуатационной производительности станка по площади производимого распила имеет вид

$$QS_{экс} = QS_{техн} t_{см} K_{исп} * K_n; \text{кв.м/см};$$

где: $QS_{экс}$ – техническая производительность станка, кв.м/см;

$t_{см}$ – продолжительность смены, час/см;

$K_{исп}$ – коэффициент использования станка, 0,80;

K_n – коэффициент, учитывающий время переустановки станка в забое, 0,79.

Приняв: скорость перемещения каната – 30 м/с; продолжительность смены – 8 час/смену; количество рабочих дней в году – 288 дней; количество смен – односменная работа; требуемая площадь распила для добычи одного куб.м блока - 3 кв.м, получим:

$$QS_{экс} = 6 * 8 * 0,8 * 0,79 = 30,3 \text{ кв.м/см}.$$

Тогда производительность канатной установки по горной массе составит

$$Q_{см} 30,3 : 3 = 10,1 \text{ куб.м/см}; Q_{годовая} 10,1 * 288 = 2901 \text{ куб.м/год}.$$

Произведя необходимые расчеты по вышеуказанной схеме, приняв скорость перемещения каната равной 42 м/сек, а площадь пиления - 9 кв.м и производительность - 4,5 куб.м/час, получим, что сменная и годовая производительность станка по горной массе составит:

$$Q_{см} = 15,2 \text{ куб.м/см}; Q_{год} = 4368 \text{ куб.м/год}.$$

С учетом коэффициента выхода блоков из массива, равным 0,5, общий объем кондиционных блоков, добытых из общего объема выпиленной горной массы составит

$$Q_{годовая} = 2901 + 4368 : 2 = 3634 \text{ куб.м/год},$$

$$Q_{конд.год} = 3634 * 0,50 = 1817 \text{ куб.м/год}$$

Результаты. Опытно-промышленные исследования канатной распиловки, проведенные на месторождениях Нурата, Оксай и Макрид, позволили установить оптимальные параметры монолитов, подготавливаемых к выемке из массива. Так, при пилении, наибольшая производительность достигается за счет добычи блоков на уступах высотой 8-10 м и длине монолита 12-15 м. Ширина монолита не должна превышать 2-3 м. Изменение W_m от 3 до 5 м и более ведет к увеличению площади пиления и снижению производительности. Особенности строения массивов месторождений мрамора, обусловленные крутым и пологим

залеганием пластов, разбросанностью забоев, незначительным выходом блоков (36%) и большими отходами камня, предопределили специфику выемочно-погрузочных работ на карьерах и необходимость изыскания путей в повышении их эффективности. Исследования работы «деррик-кранов» при производстве выемочно-погрузочных работ на месторождениях мрамора связаны с определением ряда технологических параметров. При этом анализ результатов опытных промышленных наблюдений показал на низкую эффективность их применения ($K_{исп} \leq 0,37$). Основные причины этого можно свести к следующему: выбор мест установки кранов произведен произвольно; значительное количество имеющихся добычных забоев удалено и не попадает в зону обслуживания кранов; глубина карьеров незначительна и не удовлетворяет условию; с принятой технологической схемой отработки карьеров связано снижение (более чем на 25%) обслуживаемой рабочей зоны крана; требуется частый демонтаж и переустановка выемочно-погрузочного оборудования. Произведены расчеты по технико-экономической оценке деррик-кранов в зависимости от глубины разработки карьера, технологической схемы отработки мраморного массива и количества подготовленных добычных забоев.

При разработке массивов мрамора наклонного залегания и их отработке крутыми слоями величина S_k будет равна

$$S_k = S_1 - (S_3 + S_p + 2S_z).$$

Объем горной массы, вовлекаемый в разработку в зоне охвата «деррик-крана», при отработке месторождения горизонтальными слоями можно определить из выражения

$$V_{зм} = S_k * H_o.$$

Главными параметрами, определяющими оптимальную глубину разработки H_o мрамора наклонного залегания, являются угол падения пласта $\alpha_{ни}$ и длина отрезка BC_2 , характеризующая зону охвата участка массива краном, где возможно производство выемочно-погрузочных работ. Значение BC_2 может изменяться в диапазоне $R_{max}:R_{min}$. При этом зависимость для определения объема горной массы, которую можно будет извлечь с помощью крана в зоне его охвата, будет иметь вид

$$V'_{зм} = S_k * H_o / 2.$$

Эффективность технологической схемы выемочно-погрузочных работ при использовании «деррик-кранов», зависит от выбора оптимальной глубины разработки H_o и длины вылета стрелы L_c , которое может изменяться в диапазоне $R_{max}:R_{min}$. Определяющим параметром при назначении H_o и L_c , является угол падения пласта $\alpha_{ни}$. В технических характеристиках существующих «деррик-кранов» численные значения H_o и L_c находятся в соотношении 1:2. Применение «деррик-кранов» обеспечивает возможность бестраншейного способа вскрытия месторождения. При этом объем подготовленных запасов камня, обрабатываемых «деррик-краном», будет зависеть от схемы производства добычных работ. Наибольшие его значения будут соответствовать производству добычных работ горизонтальными слоями. И меньшие при разработке наклонными слоями, а именно в диапазоне изменения угла падения пластов $\alpha_{ни} = 45-65^\circ$

[2-4]. В этом случае глубина H_0 будет уменьшена, что потребует установки крана на нижнем горизонте карьера для дальнейшего вскрытия месторождения.

Заключение. Из отмеченного следует, что при отработке месторождений наклонного залегания эффективность использования «деррик-кранов» повышается по мере увеличения угла падения пластов. При этом сокращается количество переустановок, повышается интенсивность горных работ и увеличивается объем горной массы, вовлекаемой в отработку в зоне охвата крана.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Джаббаров М.Н., Фазылов С.С., Бобомуродов С.Б. Оценка эффективности способов добычи блоков мрамора. // Вестник ТашГТУ, 2012. № 1. С. 111-113.

Петросов Ю.Э. Исследования оптимальных параметров разработки при добыче мраморных блоков из трещиноватых массивов // Горный вестник Узбекистана, 2018. С. 21-24.

1. Санакулов К.С., Шеметов П.А. Снижение затрат в глубоких карьерах на основе применения крутонаклонного конвейерного подъема в составе ЦПТ // Горный Вестник Узбекистана, 2012. № 2. С. 3-6.

2. Петросов Ю.Э. Обосновании оптимальных параметров алмазно-тросовой распиловки мраморных блоков на месторождении «Оксай» // Горный вестник Узбекистана, 2017. № 3. С.52-58.

© Ю.Э. Петросов, Л.И. Петросова, 2019

УДК 621.313.004.67:622

ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ СТАТИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА ПРИ ПОСЛЕРЕМОНТНЫХ ИСПЫТАНИЯХ

Александр Васильевич Сорокин

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, доцент, e-mail: sorokinav@bgu.ru

Аннотация статьи. Для обеспечения высокого качества ремонта и уменьшения вероятности поломки все электрические машины после ремонта должны пройти соответствующие испытания, включающие и испытания под нагрузкой. Существующие методы нагружения предполагают механическое агрегирование электрической машины с нагрузочными устройствами. Реализовать эти методы для испытания крупных электрических машин постоянного тока в условиях ремонтных предприятий оказывается сложно. Очевидна перспектива и важность разработки методов испытания, исключающих механическое агрегирование с нагрузочными устройствами. К таким методам относится метод статического нагружения электрических машин. Предложенный способ заключается в разделении испытания на два этапа: на первом - производится статическое токовое нагружение, а на втором - динамическое токовое и механическое нагружение в режимах, приближенным к эксплуатационным. Исследования разработанной системы управления электроприводом испытательного стенда показали, что система работоспособна и позволяет проводить испытания электрических машин постоянного тока в полном объеме.

Ключевые слова: испытательный стенд, испытание двигателей постоянного тока, системы управления.

ELECTROMECHANICAL PROCESSES OF STATIC LOADING OF DC ELECTRIC MACHINES DURING TESTS AFTER REPAIR

Alexander V. Sorokin

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia, associate professor, e-mail: sorokinav@bgu.ru

To ensure high quality repairs and reduce the likelihood of breakage, all electrical machines must undergo appropriate tests after repair, including tests under load. Existing loading methods involve the mechanical aggregation of an electric machine with load devices. It is difficult to implement these methods for testing large DC electric machines in the conditions of repair enterprises. The prospect and importance of developing test methods that exclude mechanical aggregation with load devices are obvious. To these methods, include the method of static loading of electrical machines. The proposed method consists in dividing the test into two stages: in the first, static current loading is performed, and in the second, dynamic current and mechanical loading are carried out in modes close to operational ones. Studies of the developed control system for the electric drive of the test bench showed that the system is functional and allows testing of DC electric machines in full.

Keywords: test bed; test the motors DC; control systems.

Введение. Для обеспечения высокого качества ремонта и уменьшения вероятности отказа в работе все электрические машины после ремонта должны пройти соответствующие испытания, включающие и испытания под нагрузкой.

Существующие методы нагружения предполагают механическое агрегирование электрической машины с нагрузочными устройствами и отличаются друг от друга способом рассеивания механической энергии: преобразование в тепловую, передачу источникам или отдачу ее в питающую сеть [1]. Реализовать эти методы для испытания крупных электрических машин постоянного тока (до 2500 кВт) в условиях рудоремонтных предприятий оказывается сложно. Поэтому в настоящее время отремонтированные машины отправляются заказчику без испытания их под нагрузкой, что не позволяет качественно продиагностировать их и выявить дефекты, которые могут быть устранены на заводе до установки их на горных машинах.

В связи с этим очевидна перспектива и важность разработки методов испытания, исключающих механическое агрегирование с нагрузочными устройствами. К таким методам относится метод динамического нагружения [2], который заключается в поддержании работы электрической машины в переходных режимах, регулируя напряжение на якоре или тока возбуждения с определенной частотой и амплитудой. Недостатком метода является сложность управления, а также то, что электрическая машина работает при испытании в режимах не свойственным эксплуатационным. Ток электрической машины имеет пульсирующий характер с частотой задающего генератора. Коммутация электрической машины при таком нагружении непредсказуема.

Процесс нагружения электрической машины это процесс одновременного токового и механического нагружения. Идея разработанного способа [3–6] заключается в разделении испытания на два этапа: на первом - производится статическое токовое нагружение, а на втором - динамическое токовое и механическое нагружение в режимах, приближенным к эксплуатационным. На первом этапе машина диагностируется с позиции качества монтажа, пайки, коммутации, нагрева, на втором этапе, работая в режимах пуска, наброса и сброса нагрузки, торможения, реверсирования с заданным током «отсечки», имитируются рабочие режимы и оцениваются коммутация, шумы, вибрация.

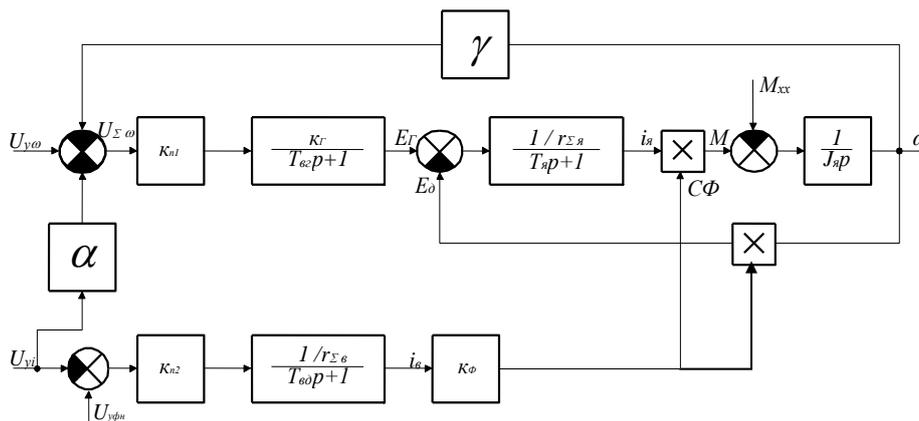
Данная работа посвящена исследованию электромеханических процессов статического нагружения электрических машин постоянного тока при послеремонтных испытаниях.

Методы исследований. Статическое токовое нагружение испытуемой машины производится одновременным регулированием напряжения на якоре и напряжения на обмотке возбуждения. При этом, однако, будет изменяться и скорость. Для стабилизации скорости необходимо одновременно изменять и напряжение на якоре. Следовательно, регулируя одновременно напряжение на якоре и напряжение на обмотке возбуждения, можно реализовать статическое токовое нагружение испытуемой машины при любой заданной скорости. Электрическая машина будет работать в режиме двигателя, а момент его будет равен моменту холостого хода. Максимальная мощность, требуемая от источника питания, не будет превышать величины равной 10 - 15% от номинальной мощности электрической машины. Следовательно, статическое токовое нагружение оказывается экономичным.

Испытательный стенд, как система электропривода, обладает интересной спецификой, обусловленной переменными параметрами объекта регулирования, причем параметры будут меняться в широком диапазоне, так как мощность испытуемых электрических машин различна и лежит в пределах от 50 кВт до 2500 кВт. Кроме того, такой динамический параметр, как электромеханическая постоянная времени будет изменяться при изменении магнитного потока. Поэтому, для выявления особенностей поведения системы был проведен комплекс исследований на ЭВМ. Для моделирования процессов, протекающих в испытательном стенде, применялась программа DiFSyS [7]. Программа DiFSyS позволяет:

- создавать системы дифференциальных уравнений с большим числом последних и решить их несколькими численными методами;
- в процессе решения системы изменять выражения самих уравнений;
- по результатам расчета систем выводить графики любых зависимостей переменных, непосредственно участвующих в расчете;
- использовать зону ограничений, которая предоставляет универсальные средства для контроля и управления переменными при расчете.

Структурная схема двухканальной системы регулирования представлена на рисунке 1.



$U_{y\omega}, U_{yi}, U_{\Sigma\omega}$ – напряжение задания по каналам скорости, обратной связи по заданию тока якоря и суммарное напряжение на входе регулятора скорости; γ – коэффициент обратной связи по скорости; α – коэффициент связи по заданию тока якоря; K_{n1}, K_{n2} – коэффициенты усиления первого и второго преобразователей; C, C_{ϕ} – коэффициенты связи по ЭДС и потоку; $T_{\sigma z}, T_{\sigma d}, T_{\sigma y}$ – постоянные времени по цепи возбуждения генератора, двигателя и якорной цепи электрических машин; $E_{n1}, E_{n2}, E_{\sigma}, E_{\delta}$ – ЭДС первого, второго преобразователей, генератора и двигателя; ω – скорость двигателя; $i_{\sigma z}, i_{\sigma d}, i_{\sigma y}$ – токи возбуждения генератора, двигателя и цепи якоря электрических машин; M – момент двигателя; M_{xx} – момент холостого хода; J_{σ} – момент инерции двигателя; $r_{\Sigma z}, r_{\Sigma d}, r_{\Sigma y}$ – суммарные сопротивления цепи возбуждения генератора, двигателя и цепи якорей электрических машин.

Рисунок 1. Структурная схема двухканальной системы регулирования

Результаты. Проведенные исследования замкнутой системы регулирования дали возможность определить коэффициенты обратных связей системы, обеспечивающих требуемую точность задания координат нагружения испытуемой машины, а также обеспечение устойчивой работы системы при широкой вариации динамических параметров. Оказалось, что для обеспечения по каналу скорости статизма в 3% и одновременного снижения колебательности системы до допустимого уровня при ослаблении поля (наброс тока якоря), наиболее простым является одновременное воздействие по каналу тока и каналу скорости. Такой подход дает возможность при слабой обратной связи по скорости снять противоречие между статизмом и перерегулированием в системе. На рисунке 2 представлены кривые переходного процесса тока якоря при ослаблении поля испытуемого двигателя ПЭ 174-7 мощностью 1600 кВт. в системе с независимыми каналами регулирования скорости и тока (кривая 1) и в системе с одновременным воздействием на оба канала при задании тока якоря (кривая 2). Видно, что во втором варианте в системе обеспечивается удовлетворительное качество переходного процесса. Для обеспечения аperiodического характера переходного процесса необходимо на входе канала задания тока якоря устанавливать задатчик интенсивности (кривая 3).

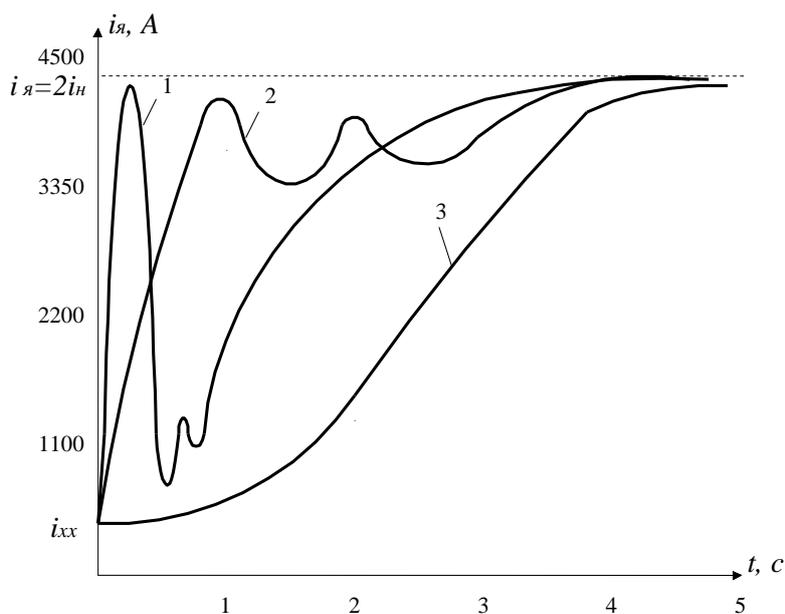


Рисунок 2. Переходные процессы тока якоря при различных вариантах управления

Обсуждение. Проведенное моделирование и комплекс натурных исследований стенда, как в статике, так и в динамике позволил определить настроечные параметры, обеспечивающие устойчивость системы при различных по мощности испытуемых машин без дополнительных подстроек. Процесс статического токового нагружения имеет незначительный колебательный характер, обусловленный нелинейностью объекта и спецификой управления. Исследование электромеханических процессов статического нагружения электрических

машин постоянного тока, что предложенный метод испытаний может применяться на практике.

Заключение. Таким образом, исследования разработанной системы управления электроприводом испытательного стенда показали, что система работоспособна и позволяет проводить испытания электрических машин постоянного тока в полном объеме без механического агрегирования с другими нагрузочными машинами.

Стенд смонтирован и эксплуатируется на ООО «Рудоремонтный завод» г. Черемхово, позволяет проводить испытания машин мощностью до 2500 кВт.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Жерве Г.К. Промышленные испытания электрических машин. – Л., Энергоатомиздат, 1984. – 480 с.
2. Родькин Д.И. Системы динамического нагружения и диагностики электродвигателей при послеремонтных испытаниях. – М.: Недра, 1992. – 284 с.
3. Патент 2133044 РФ, МКИ G 01 R 31/34, Т 21 С 31/04. Способ испытания электрической машины постоянного тока и устройство для его осуществления. Леоненко С. С., Сорокин А. В., Чудогашев Е. В., Леоненко А. С., Дмитриев Е. А. № 98104883/09; Заявлено 23.03.98; Опубл. 10.07.98, Бюл. № 19.
4. Леоненко С.С., Сорокин А.В. Двухканальная система управления электроприводом испытательного стенда крупных электрических машин постоянного тока // Известия высших учебных заведений: Горный журнал. 2000. №2. С. 136 – 140.
5. Сорокин А.В. Специальный комплекс для послеремонтных испытаний электрических машин горного оборудования, эксплуатирующегося в условиях Севера // Горные машины и автоматика. 2005. №2. С. 48 – 49.
6. Сорокин А.В. Система управления испытательного стенда тяговых двигателей постоянного тока // Вестник ИрГТУ. 2012. №6. С. 133 – 137.
7. Сорокин А.В. Разработка программного обеспечения для моделирования электромеханических систем [Электронное издание] Мат-лы 5-й Всерос. научн.-практ. конф. «Интеллектуальный и ресурсный потенциалы регионов: активизация и повышение эффективности использования» (Иркутск, 16 мая 2019 г.) / Под науч. ред. А.П. Суходолова, Н.Н. Даниленко, О.Н. Баевой. – Иркутск: Изд-во БГУ, 2019. – С. 267-273. – Режим доступа: <http://lib-catalog.bgu.ru>.

© А.В. Сорокин, 2019

УДК 62-93

ПРИМЕНЕНИЕ АППАРАТА РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ CVD ТЕХНОЛОГИИ

Ю.В. Новиков, А.Е. Бурдонов, Н.Д. Лукьянов

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, ул. Лермонтова 83

Аннотация статьи: применение аппарата регрессионного анализа для обработки результатов, полученных при использовании CVD технологии по причине рассмотрения нового подхода к проблеме.

Ключевые слова: CVD, золото, свинец, мельница, слив.

THE USE OF REGRESSION ANALYSIS APPARATUS FOR PROCESSING RESULTS OBTAINED USING CVD TECHNOLOGY

Yu.V. Novikov, A.E. Burdonov, N.D. Lukyanov

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, str. Lermontov 83

The use of regression analysis apparatus for processing results, obtained using CVD technology due to consideration of a new approach to the problem.

Keywords: CVD, gold, lead, mill, drain.

Введение. Как уже отмечалось во многих публикациях [1-5] связанных с горно-обогатительной отраслью, минерально-сырьевая база в нашей стране и мире с развитием научно-технического прогресса постоянно меняется, и те месторождения, участки, рудные тела, которые ранее считались за балансными и нерентабельными, переводятся в разряд перспективных, а позже вовлекаются в переработку. За счет изменения цен и востребованности на те или иные ископаемые, вовлечение в переработку более сложных и упорных к обогащению руд, требует новых технологий и аппаратных схем, так как те технологии и оборудование которые длительное время показывали результат, и удовлетворяли потребностям производства, в условиях изменившегося гранулометрического и минералогического состава руд из новых горизонтов одного и того же месторождения уже не могут обеспечивать нужный уровень технологических показателей [6].

Черновой гравитационный концентрат до измельчается и далее доводится на концентрационных столах в несколько этапов. Товарным считается концентрат с содержанием свинца 50%, золота 50 г/т.

Анализ мирового опыта переработки руд оказывает, что использование современных технологий, в частности, технологии CVD, вероятно может повысить технологические показатели и увеличить эффективность работы фабрики.

Целью данной статьи является статистический анализ результатов полупромышленные исследования по применимости технологии Knelson CVD на различных продуктах фабрики.

Методика и результаты проведения полупромышленных испытаний. Центробежные сепараторы с непрерывным варьируемым выходом концентрата по технологии Knelson CVD, это гравитационные приборы, конструктивно выполненные в виде вертикальной центрифуги, процесс разделения минералов в которой происходит под действием высокой центробежной силы с применением технологии флюидизации для разрыхления минеральной постели. Регулировка выхода концентрата осуществляется путём настройки частоты открытия клапанов, и времени, в течение которого клапаны остаются открытыми [7-8].

Полупромышленные исследования было решено провести на нескольких продуктах фабрики с целью получения наиболее полной и объективной информации касательно эффективности использования данного типа оборудования. Были выбраны три точки установки CVD в схеме фабрики:

- 1) вторичный цикл измельчения на сливе МШЦ;
- 2) слив гидроциклона второй стадии измельчения перед флотацией;
- 3) хвосты цинковой флотации (отвальные хвосты фабрики).

Ввиду большого объема экспериментальных данных в статье рассматривались результаты, полученные только на сливе МШЦ.

Методика проведения полупромышленных испытаний при подработке каждого технологического потока строилась на трёх этапах:

Этап 1. Определение оптимального расхода флюидизационной воды путём отбора проб на каждом режиме подачи флюидизационной воды.

Этап 2. Определение извлечения и степени концентрации золота и свинца при различных режимах выхода концентрата, устанавливая различных значений времени закрытия пережимных клапанов, проводя отбор проб технологических потоков, определяя фактический массовый выход концентрата.

Этап 3. Проведение серии испытаний на оптимальных настройках концентратора, определённых в ходе двух предыдущих этапов. Отбор всего объёма концентрата, отбор проб для подтверждения результатов предыдущих испытаний.

Первый этап проведения испытаний. Как уже говорилось целью первого этапа испытаний был подбор параметров расхода флюидизационной воды на основе оценки содержания ценного компонента в продуктах концентратора. Результаты испытаний представлены в таблице.

Таблица 1

Результаты определения оптимального расхода флюидизационной воды на сливе мельницы (по золоту). Испытание 1.

№	Расход флюид. воды л/мин	Средний объёмный поток питания, м ³ /ч	Среднее содержание твёрдого, %	Питание, г/т	Хвосты, г/т	Концентрат, г/т
1	20	6	33	6,7	3,8	9,4
2	25	6	22	8,8	5,3	12,2
3	25	5	27	5,2	4,2	12,4
4	35	5	27	5,4	5,3	12,8
5	40	5	28,5	7,4	7,9	12,8

Таблица 2

Результаты определения оптимального расхода флюидизационной воды на сливе мельницы (по свинцу). Испытание 1

№	Расход флюид. воды л/м	Средний объёмный поток питания, м ³ /ч	Среднее содержание твёрдого, %	Питание, г/т	Хвосты, г/т	Концентрат, г/т
1	20	6	33	1,21	0,98	4,17
2	25	5,5	22	1,79	0,97	6,02
3	25	5	27	2,18	1,19	7,11
4	35	5	27	2,54	1,63	6,92
5	40	5	28,5	2,15	1,44	9,5

Применим инструменты статистического анализа для обработки полученных данных. Одним из основных способов исследования подобного рода результатов наблюдений является построение регрессионной модели и поиск возможной зависимости между настраиваемыми параметрами объекта (мельницы) и характеристиками выходных сигналов (значения выхода концентрата и хвостов).

Второй этап проведения испытаний. Целью второго этапа было выявление зависимостей выход – концентрата и выход – извлечение, проводя эксперименты с различным выходом концентрата, а также выбор наиболее эффективных режимов для длительных испытаний. Длительность каждого эксперимента составляла 1 час. Варьировалось значение времени закрытия прижимных клапанов.

Осуществим обработку результатов исследования слива мельницы и определения выхода концентрата и хвостов по Au (таблица 3) в зависимости от настроек пережимных клапанов в соответствии с методикой, представленной выше.

Таблица 3

Определение выхода концентрата на сливе мельницы в зависимости от настроек пережимных клапанов (по золоту)

№	Время «открытия клапана», сек	Время «закрытия клапана», сек	Питание, г/т	Хвосты, г/т	Концентрат, г/т
1	0,325	4	13,2	6	15,2
2	0,325	8	8	4	12,8
3	0,325	12	4,4	2,2	13,6
4	0,325	16	3,4	1,5	14,4
5	0,325	24	8,8	6	24

Таблица 4

Определение выхода концентрата на сливе мельницы в зависимости от настроек пережимных клапанов (по свинцу)

№	Время «открытия клапана», сек	Время «закрытия клапана», сек	Питание, %	Хвосты, %	Концентрат, %
1	0,325	4	2,19	1,32	2,66
2	0,325	8	1,12	0,65	2,12
3	0,325	12	1,16	0,81	2,6
4	0,325	16	1,27	0,74	4,72
5	0,325	24	1,64	1,03	5,15

Таблица 5

Определение выхода и извлечения Au b Pb концентратов на сливе мельницы в зависимости от настроек пережимных клапанов

№	Производительность по твёрдому, т/ч	Производительность по концентрату, т/ч	Выход концентрата, %	Извлечение в концентрат Au, %	Извлечение в концентрат Pb, %	Коэффициент концентрации Au	Коэффициент концентрации Au
1	1129,05	732,48	64,88	74,74	78,83	1,15	1,21
2	1186,95	380,54	32,06	51,29	60,57	1,6	1,89
3	1331,7	257,03	19,30	59,66	43,26	3,09	2,24
4	1273,8	194,05	15,23	64,52	56,62	4,24	3,72

Третий этап проведения испытаний. Целью третьего этапа являлось подтверждение полученных в результате предыдущих испытаний значений, а также накопления концентрата для проведения последующих испытаний по доводке (таблица 6).

Таблица 6

Результаты испытаний по накоплению концентрата на выбранных режимах (по золоту)

№	Время "открытия клапана", сек	Время "закрытия клапана"	Питание, г/т	Хвосты, г/т	Концентрат, г/т	Вес накопленного концентрата за время испытаний, кг
1	0,325	8	8,8	4,4	21	404,2
2	0,325	16	7,2	5,2	24	246
3	0,325	24	14	9,2	30	361,2

Во время проведения эксперимента отсадочные машины первой стадии гравитации отключены, плотность питания снижалась до значений ниже 40%, в ходе экспериментов производился отбор разгрузок концентрата с целью определения массового выхода концентрата. Отбор проб для определения содержания в технологических потоках пилотной установки осуществлялся через равные промежутки времени в течение всего испытания.

Для повышения точности получаемых данных, замеры плотности происходили каждые 20 минут после чего рассчитывался средний показатель. Учёт объёма производился по сумматору расходомера.

Извлечение золота не имеет чёткой зависимости от выхода концентрата, что характерно для закрытого цикла измельчения, но имеющиеся результаты стабильно показывают хорошее извлечение в черновой концентрат. Коэффициент концентрации варьируется от 2,5 до 4. Такие результаты, несомненно, превосходят результаты отсадочных машин, работающих на том же материале.

Выводы. В результате работы были построены статистически значимые модели, описывающие зависимость выхода хвостов и концентрата от различных настраиваемых параметров оборудования, обоснована их эффективность, позволяющая применять данные модели в дальнейших исследованиях. Установленная статистически значимая зависимость между выходом концентрата и настраиваемыми параметрами позволяет проводить предварительные расчеты по эффективности внедрения CVD технологии на горно-обогатительных предприятиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шадрунова И.В., Чекушина Т.В., Колодежная Е.В., Горлова О.Е., Орехова Н.Н., Ляшенко В.И. Развитие природоохранных технологий и технических средств для переработки труднообогатимого сырья // Экология и промышленность. 2017. № 3-4 (52-53). С. 20-28.
2. Чантурия В.А., Медяник Н.Л., Шадрунова И.В., Мишурина О.А. Химические аспекты извлечения марганца из рудничных вод медноколчеданных месторождений // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2016. № 1. С. 160-169.
3. Шадрунова И.В., Горлова О.Е., Колодежная Е.В. Адаптационный подход к разделительным процессам глубокой и комплексной переработки минерального сырья как основа рационального природопользования и снижения техногенной нагрузки на окружающую среду // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2016. № S1. С. 125-144.
4. Hidayah, N.N., Abidin, S.Z. The evolution of mineral processing in extraction of rare earth elements using liquid-liquid extraction: A review // Minerals Engineering 121, с. 146-157. 2018/
5. Бурдонов, Александр Евгеньевич. Комплексная переработка технологического и комплексного сырья : учебное пособие / А. Е. Бурдонов, Т. Е. Самсоненко, П. К. Федотов ; М-во образования и науки РФ, Иркут. нац. исслед. техн. ун-т. - Иркутск : ИРНИТУ, 2017. - 177 с.
6. Мязин В.П., Литвинцева В.И. Взыскание новых селективных реагентов для повышения эффективности флотации свинцово-цинковых руд Ново-широкинского месторождения // Вестник Забайкальского государственного университета. 2017. Т. 23. № 2. С. 4-15.
7. Sakuhuni, G., Altun, N.E., Klein, B., Tong, L. A novel laboratory procedure for predicting continuous centrifugal gravity concentration applications: The gravity release analysis // International Journal of Mineral Processing. – 2016. – №154. – с. 66-74
8. Klein, B., Altun, N.E., Ghaffari, H. Use of centrifugal-gravity concentration for rejection of talc and recovery improvement in base-metal flotation // International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials. – 2016. – 23(8), с. 859-867

© Ю.В. Новиков, А.Е. Бурдонов, Н.Д. Лукьянов, 2019

УДК 550.83

ТЕХНОЛОГИИ ОПЕРАТИВНОГО ОПРОБОВАНИЯ ПРИ ПОИСКАХ, ОЦЕНКЕ И РАЗВЕДКЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Дарья Станиславовна Пикатова, Анна Андреевна Григорович, Андрей Андреевич Гурулев

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, студенты группы РМ-16-1, e-mail: axoge1998@mail.ru

Раиса Николаевна Иванова

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, Иркутск, доцент, e-mail: ivanova_rn@istu.edu

Аннотация. Спектр методов ядерно-геофизического опробования не значительно расширился по сравнению с 70-80 годами прошлого века. В то же время появились приборы для его выполнения и новые модификации старых. Явное преимущество ядерно-геофизического опробования прослеживается для рудных месторождений благородных металлов, на которых он используется для разбраковки проб перед пробирным анализом, что значительно снижает затраты на аналитические работы в целом.

Ключевые слова: ядерная геофизика, опробование, портативные анализаторы.

TECHNOLOGIES OF OPERATIONAL TESTING IN THE SEARCH, EVALUATION AND EXPLORATION OF ORE DEPOSITS

Daria S. Pikatova, Anna A. Grigorovich, Andrey A. Gurulev

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia, students, e-mail: axoge1998@mail.ru

Rraisa N. Ivanova,

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia, Associate Professor, e-mail: ivanova_rn@istu.edu

Abstract. The range of methods of nuclear-geophysical testing has not expanded significantly compared to 70-80 years of the last century. At the same time, devices for its implementation and new modifications of the old ones appeared. A clear advantage of nuclear-geophysical testing can be traced for ore deposits of noble metals, in which it is used for sorting samples before assay analysis, which significantly reduces the cost of analytical work as a whole.

Key words: nuclear geophysics, testing, portable analyzers.

Введение. Методы ядерной геофизики являются одними из самых оперативных при опробовании на поисках, оценке и разведке рудных месторождений. В отличие от методов лабораторной химической аналитики, на которые до недавнего времени опирались все геологические исследования, ядерно-геофизические методы являются чисто инструментальными, следовательно, более объективными, экспрессными. Особое достоинство ядерно-геофизических методов состоит в том, что они позволяют вести количественные определения целого ряда элементов таблицы Менделеева непосредственно в естественных условиях. Это качество методов ядерной геофизики имеет принципиальное

значение, и делает их незаменимым средством интенсификации геологоразведочных работ.

Ядерно-геофизические методы представляют также основу для решения задач экологии, уменьшения потерь полезных ископаемых при их обогащении и более полного комплексного их извлечения из недр. В настоящее время методы ядерной геофизики широко используются в практике геологоразведочных работ.

Актуальность и практическая значимость темы. Методы ядерной геофизики являются одними из самых оперативных и инновационными при опробовании на поисках, оценке и разведке рудных месторождений. Подробное знакомство с методикой данного типа опробования является одной из обязательных компетенций при формировании базовых профессиональных навыков горного инженера-геолога.

Цель исследования. Изучение возможностей и областей применения ядерно-геофизических методов опробования. *Задачи исследования:* рассмотреть историю развития ядерной геофизики и изучить возможностей отдельных методов ядерно-геофизического опробования; составить обзор новых приборов и новых модификаций для проведения данного опробования; обобщить полученную информацию.

Методы исследования: В работе использованы теоретические и практические методы исследований: анализ источников литературы, инструктивных и фондовых материалов; консультации с ведущими научными специалистами.

История развития ядерной геофизики. Геофизические методы исследования недр начали развиваться с 20-х гг. XX в. Уже к середине XX века оформились основные прикладные методы геофизики: грави-, магнито-, электро-, сейсмо-, терморазведка, несколько позже ядерная геофизика [1, 2]. Идея использования ядерных свойств элементов, входящих в состав горных пород, возникла непосредственно за открытием явления радиоактивности. Тогда А.П. Кириковым, А.Н. Богоявленским, А.Г. Граммаковым и др. были заложены основы поисково-разведочной радиометрии, которая особо развилась в нашей стране и за рубежом в послевоенные годы в связи с решением проблемы ядерного сырья. Первым таким методом был нейтрон-гамма-каротаж (НГК), который был предложен Б. Понтекорво в 1941 году, вскоре после открытия нейтрона.

Примерно в это же время Г. Хевеши и Х. Леви заложили основы нейтрон-активационного анализа (НАА). К 1971 году с помощью него разработана методика анализа в пробах кислорода, фтора, кремния, алюминия и меди.

В 1947 году Дж. Холенбах предложил гамма-гамма-метод (ГГМ), основанный на регистрации горными породами гамма-излучения радиоизотопного источника. Начало 50-х годов характеризовался интенсивными исследованиями по усовершенствованию ГГМ (Г.В. Горшков, Л.М. Курбатов, В.А. Шпак). В начале ГГМ, благодаря способности дифференцировать горные породы по плотности, был ориентирован на изучение нефтяных коллекторов.

В СССР метод стал применяться в 1954 году, после того, как он впервые был успешно испытан учеными М. Соколовым, А. Очкурром ГГМ для выделения в скважинах сульфидных руд, а с 1955 года стал использоваться и в угольном каротаже. Ими также разработаны и внедрены методики ядерно-геофизических исследований на месторождениях олова, железа, ртути, сурьмы, полиметаллов и других полезных ископаемых.

В 1949 году был создан гамма-нейтронный метод (ГНМ) определения бериллия, основанный на ядерном фотоэффекте. (Б. Айдаркин, Г. Горшков, А. Граммаков). В 1958 А. Якубович и В. Залесский, используя эту идею, создали методику рентген-радиометрического анализа (РРА), который используется для определения тяжелых элементов: сурьмы, бария, вольфрама, молибденита, свинца.

Таблица 1

Основные геофизические методы опробования, используемые при разведке месторождений нерудного сырья и металлов [3]

Метод	Глубинность метода, см	Определяемый элемент, параметр	Нижний предел количественных определений, %		
			в горных выработках	кern, дробленый материал	в скважинах
Плотностной гамма-гамма метод (ПГГМ)	5–10	Объемная масса пород и руд	$n \cdot 0,01 \text{ г/см}^3$	н/о	$n \cdot 0,01 \text{ г/см}^3$
Селективный гамма-гамма метод (СГГМ)	3–5	Cr	н/о	0,5	0,5–1,0
	3–5	Fe	0,5–1,0	0,5–1,0	1,0–2,0
	3–5	Pb, W, Hg, Ba, Σ TR,	$n \cdot 0,1$	$n \cdot 0,05$	$n \cdot 0,1$
Рентгенорадиометрический метод (РРМ)	1–2	Pb, W, Hg	0,05–0,1	0,02–0,05	0,1–0,2
	0,1–0,5	Σ TR, Ba, Sn, Sb, Ag, Nb, Sr, Rb	0,01–0,05	0,01–0,02	0,05–0,2
	0,1–0,5	Pd	н/о	От 1 г/т	н/о
	0,05–0,1	Pb, As, Zn, Cu, Ni, Co, Fe	0,1–0,2	0,05–0,1	0,1–0,5
	<0,05	Mn, Cr	н/о	0,1	н/о
	<0,05	S	н/о	0,05–0,1	н/о
	<0,05	P ₂ O ₅	н/о	1,0–2,0	н/о
	0,1–0,5	P ₂ O ₅ = f(Sr, Σ TR)	2,0–3,0	2,0–3,0	2,0–3,0
Гамма-нейтронный метод (ГНМ)	10–15	Be	$n \cdot 10^{-4}$	н/о	$n \cdot 10^{-3}$
Нейтрон-нейтронный метод (ННМ)	10–20	Li, B, Cd, Hg	0,01–0,05	н/о	0,05–0,1
	10–20	Влажность объемная	0,5–1,0	н/о	1,0–2,0
Нейтронно-гамма метод (НГМ)	10–20	Hg, Fe, Ni, Mn, Cr,	н/о	н/о	0,1–0,5
Нейтронно-активационный метод (НАМ)	5–15	Al, Si, Na, Ca	н/о	н/о	0,5–2,0
	5–15	Cu, Mn, F	н/о	н/о	0,1–0,5
	5–15	P ₂ O ₅ = f(F)	н/о	н/о	1,0
Гамма-метод (ГМ)	10–20	U, Th	$(1,0–1,5) \cdot 10^{-4}$	$(1,0–1,5) \cdot 10^{-4}$	$(1,0–1,5) \cdot 10^{-4}$
	10–20	K	0,5–1,0	0,5–1,0	0,5–1,0
	10–20	P ₂ O ₅ = f(U, Th)	1,0	1,0	1,0
Метод магнитной восприимчивости (ММВ)	10–20	Fe	0,5–1,0		1,0–2,0
Регистрация нейтронов деления	10–20	U	н/о	н/о	0,01–0,005

Примечание: н/о – не определяется (нет сведений об апробированных методиках).

Современные возможности ЯГФ опробования. В настоящее время комплекс методов ядерно-геофизического опробования насчитывает 10 его разновидностей, которыми можно определять, как физические свойства пород, так и напрямую содержание не менее 50 химических элементов (см. таблицу 1).

Диапазон расширился, в сравнение со временем, когда все методы только зарождались и использовались в большей части на нефтегазовых, угольных и урановых месторождениях [1, 2].

Наиболее широкое применение на золоторудных месторождениях как в России, так и за рубежом получило опробование с применением портативных анализаторов металлов и сплавов, например, Delta Premium. Эта портативная XRF система сверхпрочной конструкции разработана по промышленными стандартам (без съемного компьютера или движущегося дисплея) для надежной работы в жестких условиях эксплуатации и, в то же время, простая в работе и обеспечивающая высокие аналитические характеристики. Прибор предназначен для быстрого определения почти всех элементов таблицы Менделеева. Его основными преимуществами являются:

- быстрое определение возможной минерализации Au путем РФ-анализа элементов-спутников в почве, буровом шламе и керне;

- приоритетный отбор проб, оптимизация финансовых затрат на проведение анализа и эффективное планирование буровых работ за счет предварительного РФ-анализа образцов;

- лучшее понимание и моделирование рудных месторождений и геологическое картирование конструктивных особенностей, идентификация зон минерализации и измененных пород с меньшим разубоживанием, а также большим коэффициентом извлечения золота;

- малозатратная и быстрая типизация пород с использованием РФ-анализа для отбора литогеохимических проб.

Заключение. По сравнению с прошлым веком диапазон методов ядерно-геофизического опробования расширился не значительно. Однако за последние десятилетия появились новые компактные, удобные и безопасные в применении приборы для его выполнения. Также проходила модификация старых приборов, что расширило возможности их применения в рудной геологии [4, 5].

Явное преимущество ядерно-геофизического опробования наблюдается для рудных месторождений благородных металлов, на которых он используется для разбраковки проб перед пробирным анализом, что значительно снижает затраты на аналитические работы в целом.

Хотя пока высокая стоимость приборов не позволяет внедрить их в массовое применение, возможно, что совершенствование аппаратуры приведет к снижению их себестоимости и использовать на других месторождения рудных полезных ископаемых.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ядерно-физические методы элементного анализа и геофизического опробования. / Ред. коллегия: А. К. Берзин (отв. ред.) и др. – М.: Недра, 1972. – 96 с.

2. Горбачев Ю.И. Геофизические исследования скважин. – М.: Недра, 1990. – 398 с.
3. Методические рекомендации по геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья: – М. : ГКЗ, 2007. – 28 с.
4. Геофизические методы исследований. В.К. Хмелевской, Ю.И. Горбачев, А.В. Калинин, М.Г. Попов, Н.И. Селиверстов, В.А. Шевнин. Учебное пособие для геологических специальностей вузов. – Петропавловск-Камчатский: изд-во КГПУ, 2004. – 232 с.
5. Косков В.Н. Геофизические исследования скважин: учебное пособие. / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2004. – 122 с.

© Д.С. Пикатова, © А.А. Григорович, © А.А. Гурулев, 2019

© Р.Н. Иванова, 2019

УДК 550.370

ВЛИЯНИЕ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ИМПУЛЬСА И ВРЕМЕНИ ИЗМЕРЕНИЯ ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА НА ПРОЯВЛЕНИЕ НИЗКОЧАСТОТНОЙ ДИСПЕРСИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ СВОЙСТВ ЗЕМЛИ В ИЗМЕРЕНИЯХ НА АКВАТОРИЯХ С ГЛУБИНОЙ ДО 100 М

Елена Николаевна Воднева

Лимнологический институт СО РАН, Россия, г. Иркутск, ведущий инженер, e-mail: ven21@mail.ru

Александр Анатольевич Ситников

ООО «Сибирская геофизическая научно-производственная компания», Россия, г. Иркутск, генеральный директор, e-mail: aas@dnme.ru

Евгений Валерьевич Агеенков

Вилуйская геологоразведочная экспедиция АК «АЛРОСА» (ПАО), Россия, р. Саха (Якутия), г. Мирный, ведущий геофизик, e-mail: ageenkovev@alrosa.ru

Аннотация статьи. Исследовано влияние продолжительности импульса и времени измерения переходного процесса на проявление низкочастотной дисперсии электромагнитных (ЭМ) свойств геологических образований в сигнале, регистрируемом на акваториях с глубиной водной толщи до 100 м. Проводился расчёт прямой задачи импульсной электроразведки для осевой электрической установки с трёхэлектродной измерительной линией, находящейся на поверхности водного слоя, внутри него или на дне. Расчёты проводились для двух моделей: неполяризующейся и поляризующейся геологической среды, перекрытой толщей морской воды мощностью 100 м. Для различной продолжительности импульса и времени измерения переходного процесса рассчитывался сигнал переходного процесса $\Delta U(t)$, второй конечной разности сигнала переходного процесса $\Delta^2 U(t)$ и трансформанта $PI(t)$ – отношение $\Delta^2 U(t)$ к $\Delta U(t)$. Так же рассчитывалась величина $\delta PI(t)$ – различие трансформант $PI(t)$ от проводящей модели и от проводящей поляризующейся модели на одинаковой глубине для одной и той же формы импульса возбуждения, т.е. когда различие сигналов связано только с проявлением низкочастотной дисперсии ЭМ свойств геологической среды. Величины, рассчитанные для конечной продолжительности импульса (2, 4 и 16 с) визуально сравнивались с откликом от воздействия на среду токовой ступени бесконечной длительности (функции Хевисайта). По виду кривых $\Delta U(t)$, $\Delta^2 U(t)$, $PI(t)$ и расхождению $\delta PI(t)$ можно утверждать, что для изучения поляризационного процесса и поляризационных свойств геологической среды, перекрытой водной толщей, оптимальным условием измерений будет использование более продолжительных импульсов и регистрация сигнала до больших времён. Подобные исследования для электрической установки ранее не проводились.

Ключевые слова: аквальная геоэлектрика, переходный процесс, формула Коула-Коула, электрическая установка.

INFLUENCE OF PULSE DURATION AND MEASUREMENTS TO DISPLAY OF EARTH'S ELECTROMAGNETIC PROPERTIES DISPERSION ON WATER AREA WITH DEPTH UP TO 100 M

Elena N. Vodneva

Limnological Institute, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russia, e-mail: ven21@mail.ru

Alexander A. Sitnikov

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia, Irkutsk, Russia, e-mail: aas@dnme.ru

Evgenii V. Ageenkov

LLC «Sibirskaiya geofizicheskaya nauchno-proizvodstvennaya kompaniya», Irkutsk, Russia, e-mail: ageenkovev@alrosa.ru

The effect of pulse duration and transient measurement time on the manifestation of the low-frequency dispersion of the electromagnetic properties of geological formations in measurements in water areas with a water depth of up to 100 m was studied. The direct problem of pulsed electrical exploration was calculated for an axial electrical installation with a three-electrode measuring line located on the surface of the water layer, inside or at the bottom. The calculations were carried out for two models: a non-polarizing and polarizing geological environment, blocked by a thickness of 100 m of seawater. For different pulse durations and transient measurement times, the transient signal $\Delta U(t)$, the second final difference of the transient signal $\Delta^2 U(t)$ and transform $PI(t)$ is the ratio of $\Delta^2 U(t)$ to $\Delta U(t)$. The quantity $\delta PI(t)$ was also calculated - the difference between the transformants $PI(t)$ from the conducting model and from the conducting polarizing model at the same depth for the same excitation pulse shape, i.e. when the difference in signals is due only to the manifestation of a low-frequency dispersion of the electromagnetic properties of the geological environment. The values calculated for a finite pulse duration (2, 4, and 16 s) were visually compared with the response from exposure to a medium of a current stage of infinite duration (Heavisite function). From the form of the curves $\Delta U(t)$, $\Delta^2 U(t)$, $PI(t)$ and the discrepancy $\delta PI(t)$, it can be argued that to study the polarization process and the polarization properties of the geological medium covered by the water column, the use of longer pulses and Signal recording until great times. Similar research for an electrical installation did not carry out previously.

Key words: aquatic geoelectrics, transient, Cole-Cole formula, electrical installation.

Введение. Акватории с глубиной моря до 100 м занимают значительные площади на океаническом шельфе и представляют большой практический интерес для проведения геологоразведочных работ.

Главная задача аквальной геоэлектрики – это изучение ЭМ свойств геологических образований, перекрытых водной толщей. К основным из них относятся удельное электрическое сопротивление (удельная электропроводность) и поляризационные характеристики, определяющие проявление низкочастотной дисперсии ЭМ свойств. Геологическая среда, как многофазное гетерогенное образование, при воздействии внешнего ЭМ поля поляризуется, а водная среда, являясь однофазной, в первом приближении, не создаёт ЭМ сигнал поляризационной природы.

Практика электроразведочных исследований – использование источников искусственного ЭМ поля, действующих на Землю (геологические образования) и порождающих в ней ряд процессов. Эти процессы сопровождаются ЭМ сигналом, регистрируемым измерителем. Протекание этих процессов зависит от латерального и вертикального распределения ЭМ свойств геологических образований, поэтому на основании изучения таких процессов возможно восстановление структуры Земли.

Распределение проводимости определяет диффузию вихревого тока – процесс становления ЭМ поля в Земле. Для более проводящих сред диффузия про-

ходит медленнее. Процессы вызванной поляризации (ВП), наряду со становлением, участвуют в переходном процессе с самого его начала, но для подавляющего числа районов геологическая среда характеризуется процессами ВП, создающими ЭМ сигнал меньший по амплитуде, чем сигнал становления на начальной стадии переходного процесса. Сигнал становления для большего числа геоэлектрических условий уменьшается быстрее, чем сигнал ВП, поэтому для изучения геоэлектрических характеристик ВП важно, чтобы сигнал становления стал меньше, чем сигнал ВП, т.е. переходный процесс определялся бы протеканием процесса ВП.

Т.о. продолжительность измерения переходного процесса во многом определяет возможность изучения поляризационных характеристик среды. Продолжительность импульса определяет разрыв между фронтом включения тока и фронтом его выключения. Фронт включения так же сопровождается переходным процессом. Знак ЭМ сигнала, порождаемого им, будет противоположным относительно сигнала, возникающего во время выключения импульса. Поэтому сигнал после выключения будет ослабляться сигналом после включения.

При морских электроразведочных работах широко распространено применение заземлённой электрической линии в качестве источника искусственного ЭМ воздействия на среду [1] и измерителя ЭМ отклика. Как правило, источник пропускает импульсы тока близкие к прямоугольным, возбуждая в окружающем пространстве процессы индукционного становления и вызванной поляризации, а измерители регистрируют сигнал переходного процесса, связанный с протеканием этих процессов.

При изучении переходного процесса импульсы постоянного тока продолжительностью $t_{имп}$ разделены измерительной паузой $t_{изм}$, во время неё ток в среду не подаётся. Для увеличения возможностей фильтрации измеряемых сигналов изменяется полярность импульсов. Т.о. через источник пропускается серия разнополярных импульсов тока, разделённых измерительной паузой (рис. 1).



Рисунок 1. Форма тока, пропускаемого через заземлённую электрическую линию

Наше исследование касается вопросов влияния продолжительности токового импульса и времени измерения сигнала переходного процесса на возможности изучения поляризационных свойств геологических образований, перекрытых толщей солёной воды мощностью 100 м. Оно основано на проведении численного эксперимента с использованием решения прямой задачи для одномерной проводящей поляризующейся среды и горизонтальной электрической компоненты неустановившегося ЭМ поля.

Методы исследований. Для решения задачи ЭМ становления нами использовался метод линейной фильтрации [2]. Первоначально рассчитывается частотная характеристика сигнала в широком диапазоне частот, затем, путём преобразования Фурье, получают решение во временной области. ВП среды учитывалось частотно зависимым УЭС по формуле Коула-Коула (1) [3]:

$$\rho(\omega) = \rho_0 \left(1 - \frac{\eta(i\omega\tau)^c}{1 + (i\omega\tau)^c} \right), \quad (1)$$

где ρ_0 – УЭС на постоянном токе (Ом·м); η – коэффициент поляризуемости (доли ед.); τ – постоянная времени (с); c – показатель степени; ω – круговая частота (с⁻¹).

Для численного эксперимента была выбрана простая среда – двухслойное полупространство. Водный слой хорошо проводящий, с УЭС 0.25 Ом·м (с минерализацией приблизительно равной 35 г/л), неполяризующийся. Проводящие геологические образования с УЭС 1.5 Ом·м, что свойственно для морских отложений. Поляризуемость геологической среды была задана 0 или 15%. Мощность воды составляла 100 м (Табл. 1 и 2).

Таблица 1

Модель проводящей среды

Слой	ρ , Ом·м	η , %	h, м
1	0.25	0	100
2	1.5	0	∞

Таблица 2

Модель проводящей среды с поляризующимся основанием

Слой	ρ , Ом·м	η , %	τ , с	c, б.р.	h, м
1	0.25	0			100
2	1.5	15	1	0.5	∞

Таковыми моделями может быть описана значительная часть шельфа морских акваторий.

Изучение поляризационных свойств среды осложняется протеканием процесса становления ЭМ поля в проводящей среде, маскирующего процесс вызванной поляризации. Для широкого временного диапазона наблюдается суперпозиция поляризационных и индукционных эффектов.

В технологии дифференциально-нормированных измерений [4-7] реализован способ подавления индукции, основанный на измерении сигнала переходного процесса ($\Delta U(t)$) и конечной разности сигнала переходного процесса ($\Delta^2 U(t)$), а также расчёте трансформанты ($PI(t)$) (2):

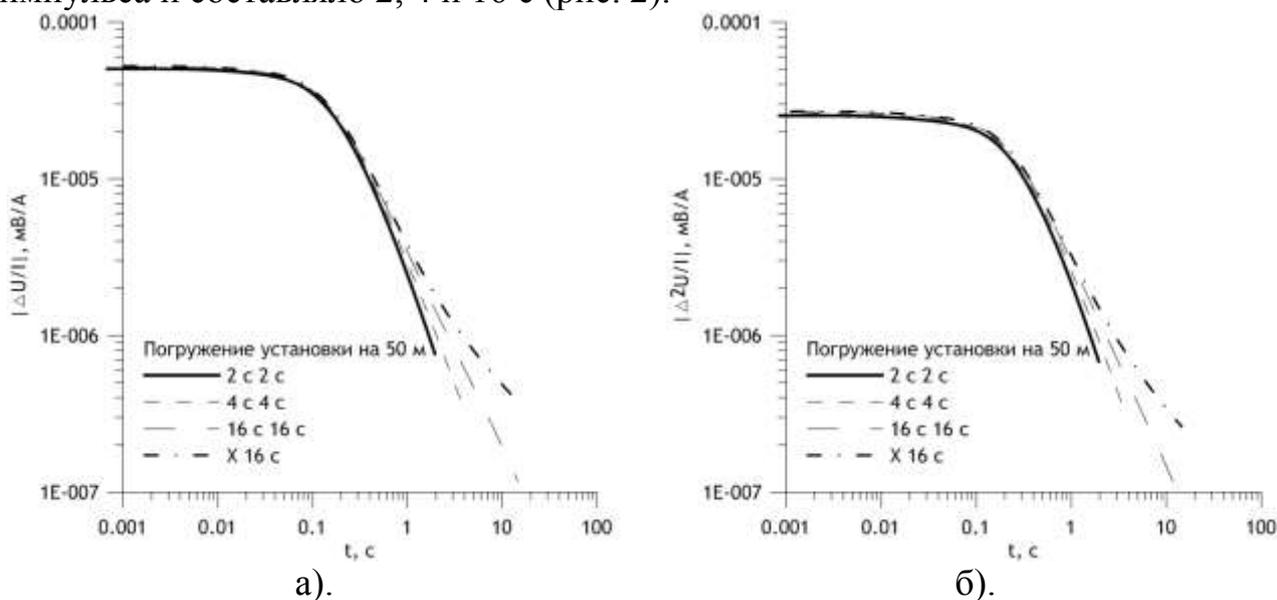
$$PI(t) = \frac{\Delta^2 U(t)}{\Delta U(t)} \quad (2)$$

Расчёты $\Delta U(t)$, $\Delta^2 U(t)$ и $PI(t)$ проведены для установки: АВ – 500 м, МО – 250 м, ОН – 250 м, расстояние между центрами источника и измерительной ли-

нии MN – 1000 м (если использовать другую форму описания установки – А 500 В 500 М 250 О 250 М). Такие установки описаны в работе [7].

Сигнал рассчитывался при различных глубинах расположения электроразведочной установки внутри водного слоя.

Результаты. Переходный процесс рассчитывался для разной продолжительности импульса: после бесконечного импульса тока (импульс возбуждения – функция Хевисайта или ступень после выключения бесконечно длящегося тока) и для продолжительности 2, 4 и 16 с. Время расчёта сигнала переходного процесса начиналось с 1 мс и ограничивалось 16 с при возбуждении бесконечным импульсом, а при конечном импульсе соответствовало продолжительности импульса и составляло 2, 4 и 16 с (рис. 2).



а). переходного процесса $\Delta U(t)$; б). конечной разности сигнала переходного процесса $\Delta^2 U(t)$. Обозначения графиков: продолжительность импульса (с), продолжительность расчёта переходного процесса (с); индекс X – импульс возбуждения – функция Хевисайта.

Рисунок 2. Сигнал, рассчитанный для установки, погружённой на глубину 50 м, для разной продолжительности импульса и измерительной паузы

По виду графиков трансформанты $PI(t)$ (рис. 3а) можно видеть временные диапазоны переходного процесса, когда он, главным образом, связан с сигналом становления, а затем сигналом гальванически вызванной поляризации (ВПГ). Превалирование сигнала становления определяет убывающую часть кривой $PI(t)$ – со времени около 0.1 с. Минимум значений трансформанты отмечает равенство проявления двух составляющих. Восходящая ветвь связана с затуханием становления и большим влиянием сигнала ВП (переход от преобладающего влияния на переходный процесс распределения вихревых токов к более значимому влиянию распределения токов гальванически вызванной поляризации).

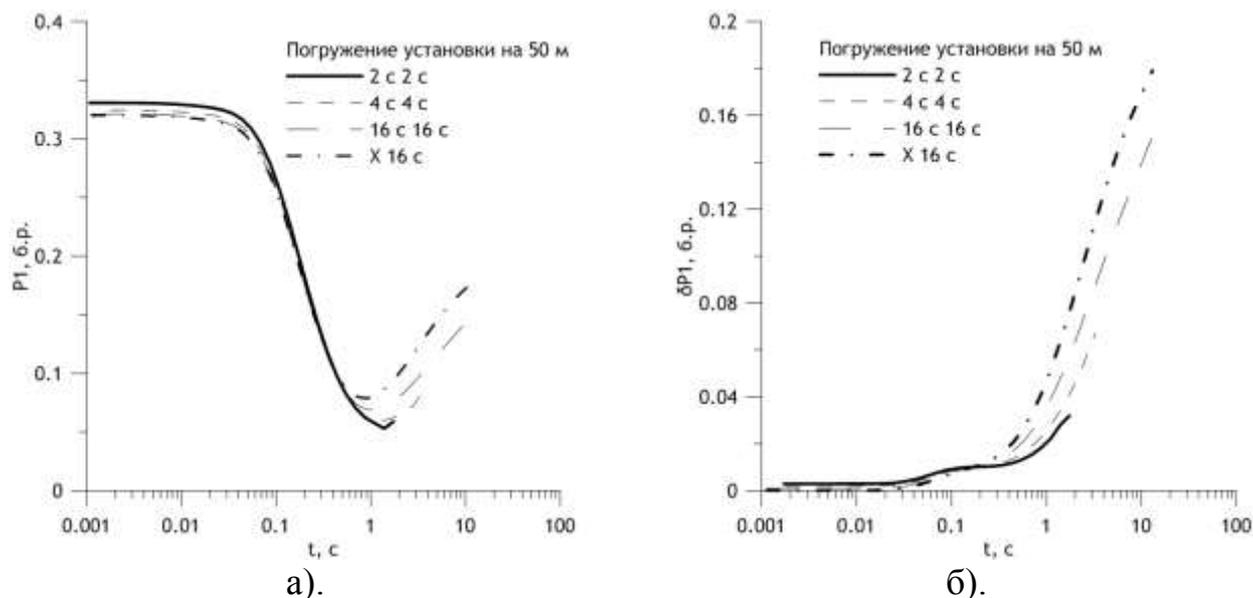


Рисунок 3. Расчёты, выполненные для установки, погружённой на глубину 50 м, для разной продолжительности импульса и измерительной паузы: а). трансформанта $PI(t)$; б). разность трансформант для проводящей и проводящей поляризующейся модели $\delta PI(t)$. Обозначения графиков приведены в рис. 2.

Величина $\delta PI(t)$ (3) – показывает различие трансформант $PI(t)$ от проводящей модели и от проводящей поляризующейся модели на одинаковой глубине для одной и той же формы импульса возбуждения (рис. 3б), т.е. различие сигналов определяется поляризуемостью геологической среды:

$$\delta PI(t) = PI_{0\%}(t) - PI_{15\%}(t), \quad (3)$$

где $PI_{0\%}(t)$ – сигнал трансформанты $PI(t)$ проводящей модели, $PI_{15\%}(t)$ – сигнал трансформанты $PI(t)$ проводящей поляризующейся модели.

Главное отличие бесконечно длящегося импульса тока от других видов сигнала источника – отсутствие фронта включения, во время которого в среде, окружающей источник, так же начинается переходный процесс. Практические измерения, использующие последовательность разнополярных токовых импульсов, связаны с регистрацией совокупности переходных процессов, начавшихся в разное время: во время выключения тока в источнике, во время включения тока в источнике, а также во время выключения и включения предыдущих импульсов разной полярности. Сигналы переходных процессов от предыдущих импульсов смещены на продолжительность импульса, продолжительность измерения и импульса т.д. Сигнал переходного процесса, начавшийся во время выключения тока, имеет знак противоположной полярности, относительно знака сигнала, регистрируемого после выключения, поэтому суммарный сигнал уменьшается. Уменьшение совокупного сигнала можно видеть на графиках сигнала переходного процесса $\Delta U(t)$ и конечной разности сигнала переходного процесса $\Delta^2 U(t)$, рассчитанных для разной продолжительности импульса и измерительной паузы (рис. 2). Для одинакового времени регистрации сигнала – 16 с, графики, рассчитанные для бесконечного импульса (X 16 с) и для конечного импульса длительностью 16 с (16 с 16 с) – различаются.

На трансформанте $PI(t)$ от бесконечного импульса минимум проявляется на более раннем времени, при конечном времени импульса превалирование гальванически вызванной поляризации над становлением отмечается на более позднем времени. Можно предположить, что сигнал ВПГ, возникший во время включения импульса и имеющий противоположный знак ослабляет сигнал этой же природы, возникший во время выключения.

Обсуждение. По виду кривых $\Delta U(t)$, $\Delta^2 U(t)$, $PI(t)$ и расхождению $\delta PI(t)$ можно утверждать, что для изучения поляризационного процесса и поляризационных свойств геологической среды, перекрытой водной толщей, оптимальным условием измерений будет использование более продолжительных импульсов и регистрация сигнала до больших времён. Для практических измерений, проходящих при буксировании установки, продолжительность времени импульсов и времени измерений влияют на количество измеренных переходных процессов в единице длины линии профиля. Соответственно приходится ограничивать время импульса и измерений, чтобы улучшить возможности статистического выделения полезного сигнала на фоне помех. Но эти ограничения, в то же время, должны позволить зарегистрировать и проявление процесса ВПГ в общем сигнале. Для исследуемой модели достаточной продолжительностью токового импульса можно считать – 4 с, с такой же продолжительностью измерений.

Заключение. Результаты моделирования показывают, что низкочастотная дисперсия ЭМ свойств (вызванная поляризация) геологических образований, перекрытых толщей хорошо проводящей морской воды мощностью до 100 м проявляется в измерениях переходного процесса описанной электрической установкой с трёхэлектродной измерительной линией. Для изучения поляризационных свойств геологической среды необходимо использовать импульсы продолжительностью не менее 4 с и проводить измерения переходного процесса не менее чем до 4 с.

При дальнейших исследованиях рационально расширить геометрические размеры установок для которых проводятся подобные расчёты и определить оптимальные, для регистрации проявления низкочастотной дисперсии, длины источника и приёмника и разнос между ними.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sainson S. Electromagnetic Seabed Logging. Springer International Publishing, Switzerland 2017. p. 549. ISBN 978-3-319-45353-8 ISBN 978-3-319-45355-2 (eBook) DOI 0.1007/978-3-319-45355-2.
2. Петров А.А. Возможности метода становления электрического поля при поисках углеводородов в шельфовых зонах // Геофизика. –2000. – №5. – С. 21-26.
3. Могилатов В.С. Импульсная электроразведка. – Новосибирск : НГУ, 2014. – 300 с.
4. Легейдо П.Ю., Мандельбаум М.М., Рыхлинский Н.И. Дифференциально-нормированный метод электроразведки при прямых поисках залежей углеводородов // Геофизика. –1995. – № 4. – С. 42-45.

5. Легейдо П.Ю., Мандельбаум М.М., Рыхлинский Н.И. Информативность дифференциальных методов электроразведки при изучении поляризующихся сред // Геофизика. –1997. – № 3. – С. 49-56.

6. Легейдо П.Ю. Теория и технология дифференциально-нормированной геоэлектро-разведки для изучения поляризующихся разрезов в нефтегазовой геофизике. Дис. на соиск. уч. ст. д. г.-м. н. – Иркутск : ИрГТУ, 1998. – 198 с.

7. Ситников А.А. и др. Аппаратура, устройства и системы наблюдений для решения нефтегазопроисковых и инженерно-геологических задач дифференциально-нормированным методом электроразведки (ДНМЭ) на акваториях // Приборы и системы разведочной геофизики. – 2017. – №2. – С. 34–41.

© *Е.Н. Воднева, А.А. Ситников, Е.В. Агеев, 2019*

УДК 555.3

ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ВЛАДИМИРСКОЕ (ВОСТОЧНЫЙ САЯН)

Аюр Доржиевич Кырмыгенов

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, Иркутск, студент, e-mail: ayur21@mail.ru

Раиса Николаевна Иванова

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, Иркутск, доцент, e-mail: ivanova_rn@istu.edu

Аннотация статьи. Золоторудное месторождение Владимирское является ценным промышленным объектом в связи с истощением россыпных месторождений. На основе анализа источников литературы и фондовых материалов с использованием авторских полевых наблюдений и петрографического изучения образцов руд и вмещающих пород установлено широкое развитие процесса березитизации, которая является важным признаком золотого оруденения в измененных породах комплекса основания Гарганской глыбы. В рудных зонах развиты породы массивные, тонко- и мелкозернистые зеленоватых оттенков, с сульфидной минерализацией в виде отдельных гнезд пирита около 1 %. В рудных сульфидно-кварцевых жилах сульфиды наблюдаются в виде гнезд, скоплений гнезд пирита около 2-3 % на массу образца.

Ключевые слова: золото рудное, березитизация, сульфидно-кварцевая минерализация

GEOLOGY OF THE VLADIMIRSKOYE FIELD (EAST SAYAN)

Ayur D. Kirmygenov

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia, student, e-mail: ayur21@mail.ru

Raisa N. Ivanova,

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia, Associate Professor, e-mail: ivanova_rn@istu.edu

The Vladimirskeye gold deposit is a valuable industrial object due to the depletion of alluvial deposits. Based on the analysis of literature sources and stock materials using author's field observations and petrographic studies of ore samples and host rocks, a wide development of the process of beresitization was established, which is an important sign of gold mineralization in altered rocks of the base complex of the Gargan block. In ore zones, rocks of massive, fine- and fine-grained greenish shades are developed, with sulfide mineralization in the form of individual pyrite nests of about 1%. In ore sulfide-quartz veins, sulfides are observed in the form of nests, clusters of pyrite nests of about 2-3% per sample weight.

Key words: gold ore, beresitization, sulphide-quartz mineralization

Введение. Владимирское месторождение расположено в юго-западной части Урик-Китойской золоторудной зоны на юго-восточном окончании Урда-Улзытинской подзоны в междуречье р. Хойто- и Урда-Улзыта.

Данное месторождение является кварц – золоторудным гидротермальным. *Актуальность исследований* месторождений данного типа и генезиса обуславливается истощением россыпных месторождений золота и все большую направленность горнодобывающей отрасли на обработку таких объектов.

Цель данного исследования – составление сводного обзора геологии месторождения Владимирское. Задачи включают: изучение фондовых материалов, изучение геологии месторождения в полевых условиях и обобщение собранной информации.

Практическая значимость данного исследования является составление раздела по геологии и вещественному составу пород и руд месторождения для написания выпускной квалификационной работы (ВКР) и последующие использование полученных материалов в производственных условиях при работе на месторождении Владимирское в ООО «Рифей».

Методы исследований. В работе использованы теоретические и практические методы исследований: анализ источников литературы и фондовых материалов; полевые обследования и описания; петрографическое макро описание образцов руд и вмещающих пород по традиционной методике [1].

Полевые исследования проводились в рамках прохождения производственной практики в Республике Бурятия, Окинском районе, в местности Ильчир на участке «Хойто-Улзытинский» и включали отбор бороздовых проб, образцов руд и вмещающих пород, геологическую документацию горных выработок и керн, а также фото документацию обнажений. Петрографическое изучение пород и руд осуществлялось на базе кафедры «Прикладной геологии, геоинформатики и ГИС» ИРНТУ.

Результаты. Владимирское месторождение расположено в юго-западной части Урик-Китойской золоторудной зоны на юго-восточном окончании Урда-Улзытинской подзоны в междуречье р. Хойто- и Урда-Улзыта в системе каледонид юго-восточной части Восточного Саяна в пределах широко известной Гарганской глыбы. Оно приурочено к северо-восточной части Улзытинского гнейсогранитного купола-штампа этой глыбы. Месторождение локализовано в Урда-Улзытинской зоне разломов северо-западного простирания.

В *структурно-тектоническом плане* оно приурочено к северной части Улзытинского гранитогнейсового купола-штампа Гарганской глыбы, к узлу сочленения двух систем разрывных нарушений: северо-западного (Холбинского) и субмеридионального направлений. В *металлогеническом отношении* Владимирское месторождение относится к Урик-Китойской золоторудной (металлогенической) зоне к её Урда-Улзытинской составляющей (ветви или подзоне). По *морфологическому типу* месторождение относится к жильно-прожилковым зонам малосульфидной кварцевой формации.

В геологическом строении месторождение принимают участие архей-нижнепротерозойские гранитогнейсы комплекса основания Гарганской глыбы, дайки и малые тела основного и среднего состава Барунхолбинского вулканоплутонического комплекса верхнего рифея-венда, карбонатные и вулканогенно-терригенные породы иркутской и ильчирской свит того же возраста и разрывные нарушения.

Барун-Холбинский вулканоплутонический комплекс объединяет дайки и малые интрузивные тела диабазовых порфиритов, микродиоритов, диоритовых порфиров, диабазов и ультраосновных «жильных» пород. Все породы подверглись зеленокаменным изменениям, имеют зелёно-серый или зелёный цвет, ча-

сто превращены в хлоритолиты, гипербазитовые дайки превращены в листовиты. В пределах месторождения Владимирского месторождения все дайки Барун-Холбинского палеовулкана основного состава (рис. 1, а), образуют три пояса и являются внутри рудными. Вдоль этих дайковых поясов по контактам отмечаются кварцевые жилы с пиритом и галенитом с повышенными до 1,0 г/т содержаниями золота. При этом и дайка, и рудные жилы пересекаются пирит-кварцевыми жилами поздних генераций руд.

Комплекс основания Гарганской глыбы представлен зеленовато-серыми полосчатыми мелко-среднезернистыми гнейсогранодиоритами, гнейсодиоритами, гнейсогранитами, мигматитами и мусковитыми гнейсами (рис. 1, б). Мигматиты широко развиты в северной половине площади. Это в основном полосчатые и тенево-мусковитовые мигматиты, часто складчатой структуры.



а – дайка метадиабазов Барунхолбинского вулcano-плутонического комплекса;
 б – складчатая форма полосчатых мигматитов в гранито-гнейсах комплекса основания
 Гарганской глыбы; в – березитизированные мигматиты; г – рудные березиты;
 д – сульфидно-кварцевая жила.

Рисунок 1. Структурно-вещественный комплекс месторождения Владимирское

В районе месторождения разрывные нарушения северо-западного простирания представляют собой протяженные структуры, которые представлены зонами *рассланцевания*, мощностью от нескольких метров до 200 м. В северо-восточной части площади работ эти разрывные нарушения выражены только рассланцеванием с глиной трения по основным сместителям. В юго-западной отмечается катаклиз, сопровождающий по бокам зоны рассланцевания.

Породы в зонах обычно изменены – гнейсограниты хлоритизированы, березитизированы, гематитизированы, карбонатизированы и листовитизированы. Кроме этих четко проявленных разрывных структур на месторождении существуют зоны древних диафоритов, представляющие собой зоны «обминания» ребер и границ гнейсогранитных куполов-штампов [2].

Все выделенные зоны северо-западного простирания в различной степени золотоносные. Степень золотоносности возрастает с увеличением березитизации, окварцевания и сульфидизации пород. Присутствие процесса березитизации отмечается практически во всех изученных образцах (см. рис.1, в-г). В рудных зонах развиты породы массивные, тонко- и мелкозернистые зеленоватых оттенков, с сульфидной минерализацией в виде отдельных гнезд пирита. В рудных сульфидно-кварцевых жилах сульфиды наблюдаются в виде гнезд, скопленных гнезд пирита около 2-3 % на массу образца (см. таблицу 1).

Таблица 1

Вещественный состав руд и вмещающих пород

№ п/п	Наименование породы	Описание образца
1	Березитизированные мигматиты	Серо-зеленые, массивные, тонко-, мелкозернистые березитизированные мигматиты без видимой сульфидной минерализации.
2	Рудные березиты	зеленые, массивные, тонкозернистые березиты с сульфидной минерализацией в виде отдельных гнезд пирита около 1 %
3	Сульфидно-кварцевая жила	сульфидно-кварцевая жилы. Сульфиды в виде гнезд, скопленных гнезд пирита около 2-3 % на массу образца. Кварц молочно-белый, непрозрачный, тонкозернистый, массивный
4	Окварцованные березиты	Светло-зеленые, массивные, тонкозернистые, окварцованные березиты с сульфидной минерализацией в виде очень редких вкрапленников пирита. Пирита менее 1 %, Кварца 30-40 %

Чехол Гарганской глыбы на месторождении представлен карбонатной иркутской свитой с аркозовыми песчаниками и гравелитами в основании и перекрывающей её вулканогенно-терригенной ильчирской свитой.

Генезис оруденения. Всё золотое оруденение Урик-Китойской золоторудной зоны до недавнего времени рассматривалось как связанное с формированием гранитоидов сумсунурского интрузивного комплекса.

В настоящее время существует несколько точек зрения на происхождение золотого оруденения, в том числе золото-медного, описанные в работах Ю.И. Куликова, П.А. Роцектаева, А.В. Гонегер и др. [2]:

– оруденение связанное с интрузиями сумсунурского (или холбинского) комплекса;

– оруденение связанное с дайками барун-холбинского вулканно-плутонического комплекса.

Таким образом, золотомедное оруденение может быть связано либо с вулканизмом, либо с гранитной интрузией, либо с обоими комплексами.

Заключение. Представленные материалы позволяют считать основной геологической характеристикой месторождения Владимирское его приуроченность Урик-Китойской золоторудной зоне и основной гипотезой его образова-

ния метасоматическое преобразование метаморфических и осадочных пород под влиянием магматогенных (интрузивных и/или вулканических) процессов.

Для установления особенностей генезиса месторождения, знание которых позволяет более эффективно проводить геологоразведочные работы кроме макро описания пород и руд необходимо их микроскопическое изучение, а также изучение структур и их взаимоотношений на основе анализа картографического материала и предстоящих полевых работ 2020 года.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шур М.Ю. Петрография. Руководство к практическим занятиям: учеб. пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2005. – 99 с.

2. Гордиенко И.В., Рощектаев П.А., Гороховский Д.В. Окинский рудный район Восточного Саяна: геологическое строение, типы рудных месторождений, геодинамические условия образования, перспективы освоения. // Геология, поиски и разведка рудных месторождений. Известия СО Секции наук о Земле РАЕН. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2014. – № 6 (49). – С. 14-31.

© А.Д. Кырмыгенов, Р.Н. Иванова, 2019

УДК 556.3(571.55)

ТЕХНОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ХАРАНОРСКОЙ ВПАДИНЫ В ЮГО-ВОСТОЧНОМ ЗАБАЙКАЛЬЕ

Марина Александровна Тугарина

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, доцент кафедры прикладной геологии, геофизики и геоинформационных систем, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, tugarina_ma@mail.ru

Динара Нордоповна Садаева

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, студент, dina.sadaeva@mail.ru

Аннотация статьи. Изменение состояния геологической среды вследствие длительной эксплуатации Харанорского угольного месторождения и влияние карьерного водоотлива привело к значительному изменению природного режима подземных вод. В результате выполненных работ, включающих сбор и анализ информации по геологическому строению месторождения, фондовых и собственных материалов авторов по гидрогеологическим условиям Харанорской впадины и системе карьерного водопонижения, а также полевые исследования (рекогносцировочном обследовании карьерных полей и замерах уровней воды в скважинах и зумпфе), составление и анализ карт уровневых поверхностей подземных вод Харанорского месторождения было установлено масштабное изменение уровневой поверхности подземных вод.

Выявление общих тенденций техногенного изменения гидрогеологических условий послужит основой для дальнейшего более детального изучения не только гидродинамических, но и гидрохимических особенностей Харанорской впадины, в пределах которой сброс дренажных вод в озеро Харанор уже имеет экологические последствия.

Ключевые слова: гидрогеологический бассейн, уровень подземных вод.

TECHNOGENIC CHANGES IN THE HYDRODYNAMIC CONDITIONS OF THE KHANANOR DEPRESS IN THE SOUTH-EAST TRANSBAIKALIA

Marina A. Tugarina,

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia, Associate Professor of the Department of Applied Geology, Geophysics and Geoinformation Systems, Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate Professor, tugarina_ma@mail.ru

Dinara N. Sadaeva

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia, student, dina.sadaeva@mail.ru

The change in the state of the geological environment due to the long-term operation of the Kharanor coal deposit and the influence of open pit drainage have led to a significant change in the natural regime of groundwater. As a result of the works, including the collection and analysis of published information on the geological structure of the deposit and authors own materials on the hydrogeological conditions of the Kharanor depression and the system of open pit water drainage, as well as field studies (reconnaissance surveys of open pit fields and measurements of water level in wells and sumps), compilation and analysis of the maps of the ground water level surfaces within the Kharanor deposit, a large-scale change in the level surface of the underground waters was established.

The identification of general trends in technogenic changes in hydrogeological conditions will serve as the basis for further more detailed study of not only the hydrodynamic, but also the hydrochemical characteristics of the Kharanor depression, where the discharge of drainage water into Lake Kharanor already has environmental consequences.

Keywords: hydrogeological basin, groundwater level.

Введение. Продолжительная эксплуатация Харанорского угольного месторождения, начало разработки которого относится к 1908 году, расположенного в одноименной впадине в Юго-Восточном Забайкалье, вызвала существенное изменение состояния геологической среды и, главным образом, ее самой динамичной составляющей – подземных вод. Влияние карьерного водоотлива привело к значительному изменению природного режима подземных вод. Целью выполненной работы было выявление масштаба техногенных изменений гидрогеологических условий. Задачи исследования заключались в изучении геологоструктурных и гидрогеологических условий Харанорской впадины и установлении изменения уровневой поверхности подземных вод.

Основой оценки гидрогеологических условий площади угольного разреза послужили результаты работ, выполненных в процессе доразведки в 1980 г., гидрогеологических исследований, выполненных в 2011-2012 гг. по участкам открытых горных работ для пересчета балансовых запасов месторождения и собственные материалы авторов.

Выявление общих тенденций техногенного изменения гидрогеологических условий послужит основой для дальнейших более детальных исследований не только гидродинамических, но и гидрохимических особенностей Харанорской впадины, что особенно важно, поскольку сброс дренажных вод месторождения поступает в озеро Харанор и уже имеет экологические последствия.

Методы исследований. Для решения поставленных задач был использован комплекс работ, включающий сбор и анализ информации о геологическом строении месторождения, фондовых и собственных материалов авторов по гидрогеологическим условиям Харанорской впадины и системе карьерного водопонижения. Полевые исследования заключались в рекогносцировочном обследовании карьерных полей и замерах уровней воды в скважинах и зумпфе. Заключительным на этом этапе работ стало составление по общепринятой методике и анализ карт уровневых поверхностей подземных вод Харанорского месторождения.

Результаты. Харанорская впадина вытянута в меридиональном направлении на 75 км с общим уклоном 2-3° на юг. Ширина депрессии с севера на юг изменяется от 7 км до 14 км в окрестностях Харанорского месторождения (центральной части) и уменьшается до 4-6 км на юге [1].

Внутренняя структура депрессии сформирована под влиянием долгоживущих разломов преимущественно север-северо-восточного простирания в бортах впадины и поперечных разрывных тектонических нарушений, благодаря которым определилось блоковое строение фундамента и залегающих на нем

континентальных образований верхнего мезозоя. Отложения чехла в пределах блоков приобрели облик пологих синклинальных либо брахиформных складок с асимметричными крыльями в зависимости от характера перемещения блоков фундамента.

В строении чехла впадины принимают участие эффузивно-осадочные отложения верхнеюрского возраста, терригенные образования нижнемелового периода.

Мощность нижнемеловых отложений, по данным геофизических работ, достигает в центральной части Харанорской впадины 1300-1500 м.

Площадь месторождения сложена исключительно угленосно-терригенными отложениями кутинской свиты нижнего мела, занимающими верхнюю часть стратиграфического разреза участка, перекрываясь лишь четвертичными глинами, суглинками и песками.

В границах месторождения установлено пять крупных сбросов северо-восточного простирания с амплитудами от 20 до 280 м. Отмечается закономерное уменьшение амплитуды смещения блоков по различным сбросам с запада на восток.

В гидрогеологическом отношении Харанорская впадина представляет собой межгорный гидрогеологический бассейн [2,3], сложенный нижнемеловыми осадочными породами, залегающими в виде синклинальной складки, вытянутой в субмеридиональном направлении и осложненной рядом брахискладок второго порядка, а также разрывными нарушениями типа сбросов.

Движение потока подземных вод согласуется с общим слабым уклоном Харанорской депрессии, с севера на юг, а в пределах месторождения – с северо-запада на восток-юго-восток (рис.1А). В границах месторождения поверхность подземных вод имеет уклон от периферических частей месторождения к его центру, сохраняя общий уклон в южном направлении.

Разгрузка подземных вод кутинской свиты происходит южнее Харанорского месторождения в районе долины р. Борзя. Зоны тектонических разломов, как правило, служат относительными барьерами между различными водоносными горизонтами, за исключением случаев, когда они пересекают различные угольные пласты. Экранирующий характер тектонических нарушений связан с пластичностью пород месторождения, отсутствием зон дробления по разломным сместителям и кольматацией трещин глинистым материалом.

По гидрогеологическим условиям Харановская впадина относится к боргойскому типу [3], которые характеризуются затрудненными условиями водообмена вследствие неблагоприятных условий разгрузки подземных вод в речные системы, наличия слабо фильтрующих пород, затрудненного водообмена между водоносными отложениями чехла и структурами обводненных разломов.

Речная сеть в пределах площади угольного разреза отсутствует, лишь в 15 км южнее от него протекает р. Борзя, пересекающая Харанорскую депрессию.

В пределах месторождения выделяются водоносный горизонт в четвертичных отложениях (грунтовые воды) и водоносный комплекс нижнемеловых угленосно-терригенных отложений (трещинно-пластовые воды).

Источником питания грунтовых вод являются незначительные по количеству атмосферные осадки, которые обусловили локальное распространение грунтового водоносного горизонта и отсутствие какого-либо влияния на обводнение месторождения [4].

Водоносный комплекс нижнемеловых отложений вследствие их резкой фациальной изменчивости включает пять водоносных горизонтов, приуроченных, в основном, к трещиноватым водоносным пластам угля и вмещающим их слабым песчаникам. Среднее значение коэффициента фильтрации не превышает 2, 5 м/сут.

Воды всех водоносных горизонтов в начале разработки месторождения были напорными с отметками пьезометрической поверхности 675-680 м, что отвечало общей брахисинклинальной структуре отложений кутинской свиты.

Питание водоносного комплекса осуществляется за счет перетока подземных вод со стороны Кукульбейского массива и северной части впадины, а также в некоторой степени за счет инфильтрации атмосферных осадков.

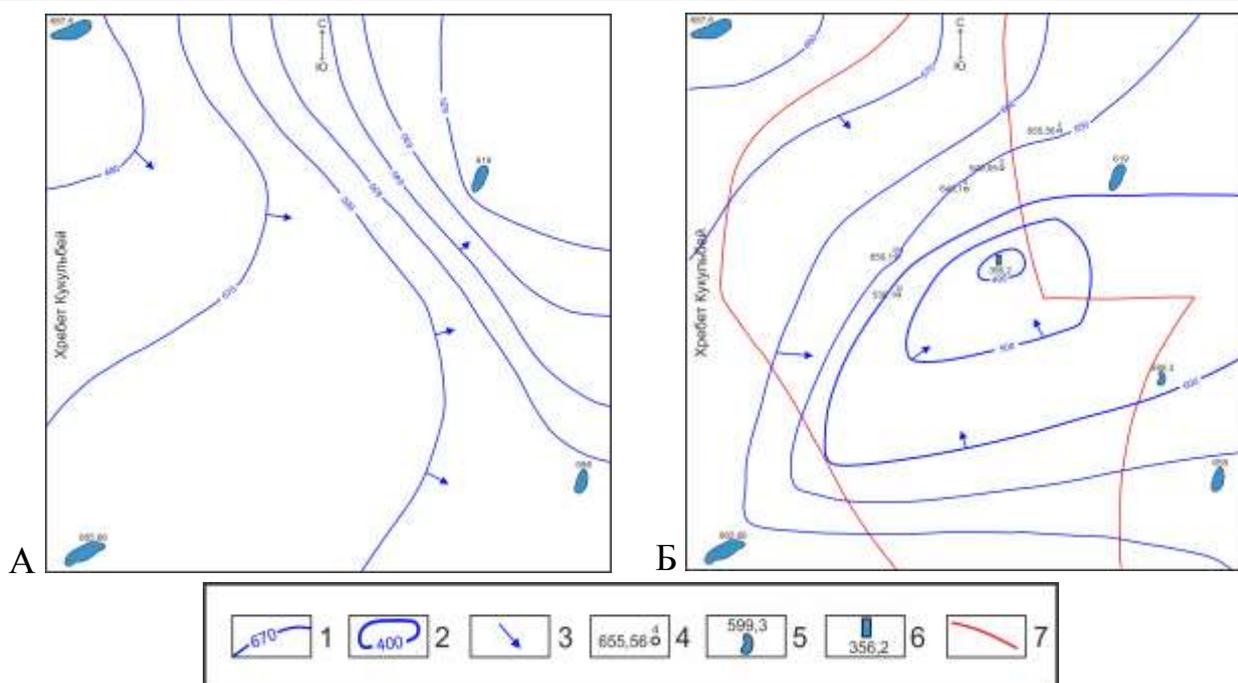
Воды всех водоносных горизонтов в отложениях кутинской свиты характеризуются сходным химическим составом, что свидетельствует о наличии тесной гидравлической взаимосвязи между ними.

По составу трещинно-пластовые воды преимущественно гидрокарбонатные, реже сульфатно-гидрокарбонатные со смешанными катионами, пресные, с минерализацией от 0,35 до 0,95 г/дм³.

В процессе разработки месторождения была организована система карьерного водоотлива, включающая водосборный зумпф и водоотводную канаву, обеспечивающая необходимое водопонижение для безопасного проведения горных работ. Сброс дренажных вод производится за пределы карьерного поля в южном направлении в озеро Харанор.

В результате осушения уровни подземных вод снизились до максимальной отметки 356,2 м. Величина понижения уровневой поверхности достигла 280 м (рис. 1).

Обсуждение. Поверхность площади разреза до начала планомерной отработки углей (1956 г.) была относительно ровная с абсолютными отметками 680-690 м. В настоящее время рельеф в пределах месторождения нарушен – на некоторых участках угольные пласты почти полностью отработаны, другие участки используются под внутренние и внешние отвалы. Отмечается изменение и гидродинамического режима подземных вод – снижение уровня на величину, достигающую 280 м, что, несомненно повлечет изменение общей экологической обстановки в районе месторождения.



1 – гидроизогиписа в естественных условиях; 2 – гидроизогиписа в условиях нарушенного режима; 3 – направление движения подземных вод; 4 – скважина: цифра сверху – номер, цифра слева – абсолютная отметка подземных вод, м; 5 – озера; 6 – водосборный зумпф; 7 – схематический контур карьерного поля.

Рисунок 1. Схематические карты уровневых поверхностей подземных вод центральной части Харанорской впадины: А – в условиях естественного режима, Б – в нарушенных условиях карьерного водоотлива.

Заключение. Изменение состояния геологической среды вследствие длительной эксплуатации Харанорского угольного месторождения и влияние карьерного водоотлива привело к значительному изменению природного режима подземных вод. В результате выполненных работ было установлено масштабное изменение уровневой поверхности подземных вод.

Выявление общих тенденций техногенного изменения гидрогеологических условий послужит основой для дальнейшего более детального изучения не только гидродинамических, но и гидрохимических особенностей Харанорской впадины, в пределах которой сброс дренажных вод в озеро Харанор уже имеет экологические последствия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вотях О. А., Чабан Н. Н., Коломыец И. С. и др. Главные типы верхнемезозойских тектонических впадин Забайкалья // Геология и геофизика. – 1990. – № 10. – С. 124-131.
2. Сидорова Г.П., Верхотуров А.Г. Гидрогеологические особенности угольных месторождений Забайкалья // Вестник ИРГТУ. – 2009. - № 2(38). – С. 9-12.
3. Степанов В.М. Гидрогеологические структуры Забайкалья. – М.: Недра, 1980. – 176 с.
4. Ясько В.Г. Подземные воды межгорных впадин Забайкалья. – Новосибирск: Наука, 1982. – 167 с.

© М.А. Тугарина, Д.Н. Садаева, 2019

УДК 624.131

ЭТАПЫ, МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКЕ ЛЕССОВЫХ И ГЛИНИСТЫХ ОТЛОЖЕНИЙ (МОНГОЛО-СИБИРСКИЙ РЕГИОН И СОПРЕДЕЛЬНЫЕ ТЕРРИТОРИИ)

Тамара Гурьевна Рященко

Институт земной коры СО РАН, Россия, г. Иркутск, e-mail ryashenk@crust.irk.ru

Н.Н. Ухова

Институт земной коры СО РАН, Россия, г. Иркутск

М.Н. Рубцова

Институт земной коры СО РАН, Россия, г. Иркутск

Аннотация статьи. Рассматриваются этапы, методы и результаты изучения глинистых минералов при инженерно-геологической оценке лессовых и глинистых отложений, распространенных в Монголо-Сибирском регионе и на некоторых ключевых участках сопредельных территорий. Исследованием состава минералов глинистой (менее 0,001 мм) фракции занимались преимущественно специалисты-литологи, но в инженерной геологии эти вопросы длительное время не решались, в том числе на юге Восточной Сибири. Выделено три этапа и соответствующие им методы определения состава глинистых минералов при проведении инженерно-геологических исследований в Институте земной коры СО РАН: 1959–1975 гг.; 1975–2000 гг. и современный; представлены результаты изучения новых уникальных объектов методом порошковой дифракции с применением дифрактометров D8 Advance, Дрон-3 (донные песчано-глинистые осадки шельфа Охотского моря в районе Сахалина). Рекомендованы возможные методические схемы изучения глинистых минералов, состав которых оказывает существенное влияние на опасные свойства лессовых и глинистых отложений.

Ключевые слова: глинистые минералы, этапы и методы изучения, метод порошковой дифракции, рекомендации.

STAGES, METHODS AND RESULTS OF THE STUDY OF CLAY MINERALS IN ENGINEERING-GEOLOGICAL ESTIMATION OF LOESSIAL AND CLAY SEDIMENTS (THE MONGOLO-SIBERIAN REGION AND ADJACENT TERRITORIES)

Tamara G. Ryashchenko,

Institute of the Earth's Crust, SB RAS, Russia, Irkutsk. e-mail ryashenk@crust.irk.ru

N.N. Ukhova

Institute of the Earth's Crust, SB RAS, Russia, Irkutsk

M.N. Rubtsova

Institute of the Earth's Crust, SB RAS, Russia, Irkutsk

The stages, methods and results of the study of clay minerals are examined in the engineering-geological assessment of loess and clay deposits common in the Mongol-Siberian region and some adjacent territories. The study of the composition of clay minerals (less than 0.001 mm) was mainly carried out by lithologists, but in engineering geology these issues have not been resolved for a long time, including in the south of Eastern Siberia. Three stages and their corresponding methods for determining the composition of clay minerals during engineering and geological studies at the Institute of the Earth's Crust SB RAS: 1959–1975; 1975–2000 and modern.

The results of studying new unique objects (bottom sandy clay sediments of the Sea of Okhotsk shelf in the Sakhalin region) by powder diffraction with the use of D8 Advance, Dron-3 diffractometers are presented. Possible methodological schemes for studying clay minerals are recommended, the composition of which has a significant effect on the dangerous properties of loess and clay deposits.

Key words: clay minerals, stages and methods of study, powder diffraction method, recommendations.

Исторически так сложилось, что изучением глинистых минералов занимались литологи, однако при инженерно-геологических исследованиях лессовых и глинистых отложений (согласно стандартной классификации – это природные дисперсные грунты без жестких структурных связей) долгое время эти вопросы не решались. Тем не менее, было известно, что состав глинистых минералов (группы смектита, каолинита, хлорита, гидрослюды и смешанослойных) непосредственно влияет на проявление различных свойств этих грунтов. Развитие генетического принципа в грунтоведении определило необходимость включения этой задачи в комплекс аналитических исследований. На кафедре «инженерная геология и грунтоведение» геологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова еще в начале 50-х годов прошлого века появился просвечивающий электронный микроскоп, где под руководством Г.Г. Ильинской студенты могли изучать морфологические особенности глинистых минералов [1].

В первых публикациях по инженерной геологии Восточной Сибири, которые появились в 1958–1960 гг. [2–3], отсутствуют какие-либо сведения о составе глинистых минералов в лессовидных суглинках и глинах четвертичного возраста. В то же самое время в геолого-литологической работе Н.А. Логачева с соавторами, посвященной кайнозойским отложениям Иркутского амфитеатра, приведена обширная информация о методах и результатах изучения глинистых минералов.

В комплекс инженерно-геологических исследований лессовых грунтов, которые проводились под руководством Г.Б. Пальшина с 1959 по 1975 гг., впервые были включены разделы по определению состава глинистых минералов и их влияния на просадочность лессовых толщ юго-западной части Иркутского амфитеатра [4]. Этот период можно считать первым этапом изучения глинистых минералов при инженерно-геологической оценке лессовидных и глинистых отложений юга Восточной Сибири. В то далекое время применялись разнообразные способы определения состава глинистой (<0,001 мм) фракции: методы окрашивания, ориентированных агрегатов, метод капли, термический анализ, фотометод [5].

Следующий этап (1975–2000 гг.) ознаменовался разработкой новых подходов к определению глинистых минералов. В 1977 г. были опубликованы методические рекомендации по определению емкости катионного обмена (ЕКО) почв и грунтов при инженерно-геологических изысканиях, которые в дальнейшем получили наименование «Метод Л.И. Кульчицкого» [6]. На основе этого метода в кабинете грунтоведения ИЗК СО РАН был разработан «Экспресс-

метод» определения состава глинистых минералов фракции $<0,001$ мм (EKO^1): проводятся измерения на фотоэлектроколориметре ФЭК-57 оптических плотностей фильтрата фракции после ее взаимодействия с красителем метиленовым голубым (D2) и исходного раствора этого красителя (D1), далее ведется расчет EKO^1 по специальной формуле [7]. В процессе исследований выделено две группы образцов: глины мелового возраста (г. Сайншанд, Монголия), фракции которых содержали 70–80 % смектита, EKO^1 – 58–82 мг-экв на 100 г вещества; супесчано-суглинистый заполнитель крупнообломочных четвертичных отложений из района г. Билибино на северо-востоке Сибири, фракции которых содержали только гидрослюды, EKO^1 – 6–19. Затем была составлена специальная таблица (более 500 образцов) с данными EKO^1 и частично результатами фазового рентгеноструктурного анализа (РСА), которой можно пользоваться для качественного определения состава глинистых минералов исследуемой фракции, для которой выполнены только измерения EKO^1 . В настоящее время для лессовых и глинистых отложений «Экспресс-метод» применяется только для фракции $<0,001$ мм, которая предварительно выделяется методом отмучивания.

В конце 80-х гг. прошлого века началась разработка программного комплекса для определения количественного содержания различных глинистых минералов – «Decompose» (фракция $<0,001$ мм). Первые результаты появились в 1986 году в процессе инженерно-геологических исследований лессовых и глинистых отложений юга Восточной Сибири [8]. Метод основан на процедуре решения задачи модифицированным симплекс-методом, который позволяет проводить расчеты по результатам химических анализов фракций при сохранении данных матрицы составов эталонных минералов. Программа оптимальных расчетов по чебышевскому критерию максимальной ошибки составлена О.А. Халиулиной по алгоритму И.К. Карпова [8]. Перевод программного комплекса на персональный компьютер и доведение его до рабочего состояния выполнены сотрудником Института вулканологии и сейсмологии ДВО РАН Л.А. Козьминым. В дальнейшем метод широко применялся при изучении лессовых отложений, распространенных на территории города Иркутска, а также лессово-глинистых толщ Прибайкалья, Забайкалья и Западной Монголии.

Исследования по программе «Decompose» начинаются с проведения для образцов фазового рентгеноструктурного анализа (РСА) [9] для выявления групп с определенным набором глинистых минералов; одновременно выделяется фракция $<0,001$ мм и методом силикатного анализа определяется в ней содержание SiO_2 , Al_2O_3 , Feобщее (Fe_2O_3+FeO), MgO , CaO , Na_2O , K_2O , ппп (при пересчете на абсолютно сухую навеску образца). Программный комплекс позволяет рассчитать содержание различных по химическому составу модификаций глинистых минералов: среди смектитов их выделяется восемь (C_{1-8}), гидрослюд – пять (G_{1-5}), хлоритов – 4 (X_{1-4}), каолинита – один (K); имеется матрица базисных (эталонных) химических составов минералов глинистой фракции. Расчеты ведутся в системе FAR; необходимо знать, какие минералы представляют фракцию (используются результаты РСА) и для них выбираются данные эталонного химического состава (вектор А), затем вводится химический состав исследуемого объекта (вектор В). В решении присутствует содержание указан-

ных минералов (%). Примеры таких решений можно посмотреть в монографии Рященко Т.Г., Уховой Н.Н. «Химический состав дисперсных грунтов: возможности и прогнозы (юг Восточной Сибири)» 2008 года. Представим образец 1416–2,2 м (dQ^{3-2} – верхний лессовый циклит): по данным РСА содержит смешанослойный минерал смектит-вермикулит, каолинит, смектит, имеются следы железистого хлорита. По расчетам имеем следующую минеральную ассоциацию: $K_{45} C_{39} [C_5 14 C_8 25] G_{c13} X_{19}$ (цифрой указано содержание минерала, %). Полученный при расчетах результат является достаточно корректным – сумма минералов составляет 96 %.

В настоящее время при изучении минерального состава новых объектов применяется метод порошковой дифракции, который объединяет качественный (фазовый) и полуколичественный анализы. Съемка проводится на дифрактометре D8 Advance (Bruker AXS, Германия) с радиусом гониометра – 250 мм. Фазовый состав проб расшифровывается с помощью программы EVA (Diffrac PDF–2,2007), а также Американской картотеки ASTM PDF. Полуколичественное соотношение компонентов рассчитывается по корундовым числам методом RIR [10]. Для идентификации глинистых минералов проводится подготовка ориентированного материала проб, и съемка выполняется на дифрактометре Дрон-3,0; рентгенограммы идентифицируются с помощью программы поиска фаз (рис. 1).

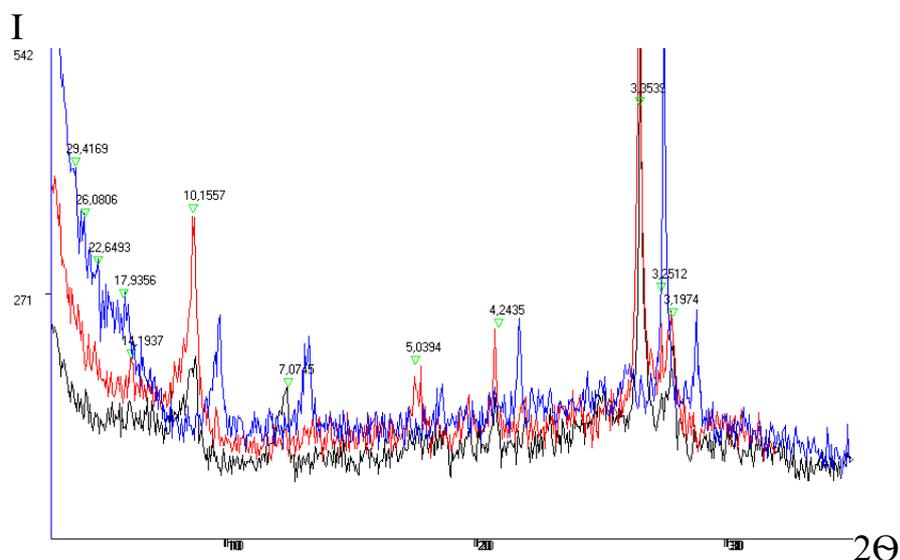


Рисунок 1. Дифрактометр ДРОН-3 для съемки рентгенограмм

Уникальным объектом исследований оказались 22 образца донных песчано-глинистых отложений шельфа Охотского моря в районе северо-восточной части Сахалина на участке Южно-Кириновского месторождения углеводородов. Образцы отобраны через один метр в скважинах № 49, № 34 глубиной 30 м; минеральный состав изучался на воздушно-сухих аналогах. Кратко о результатах по шельфу.

В скв. 49 по литологическим признакам выделены три зоны: верхняя (0,0–4,0 м) – глинистые пески; средняя (4,0–21,0) – глины песчаные, пылеватые;

нижняя (21,0–30,0) – глины. Содержание кварца, полевых шпатов и глинистой составляющей получено с приближением $\pm 5\%$. Установлено, что с глубиной уменьшается содержание кварца за счет полевых шпатов и увеличивается количество глинистой фракции. Состав глинистых минералов определялся по рентгенограмме, полученной при съемке ориентированного образца – воздушно-сухого (черная линия), насыщенного этиленгликолем (синяя) и прокаленного при 550° (красная) (рис. 2). Например, в образце 49–20 м глинистые минералы (общая сумма фракции $28 \pm 5\%$) представлены гидрослюдой, смектитом, хлоритом, возможно, каолинитом; смешанослойные – иллит–смектит, хлорит–смектит. Всего для этой скважины исследованы 7 образцов.



I – интенсивность дифракционного максимума;
 2θ – экспериментально измеренные значения углов отражения в ангстремах

Рисунок 2. Рентгенограмма образца 49–20 м

Для верхней зоны характерен полиминеральный состав фракции (гидрослюда, смектит, хлорит, каолинит, смешанослойные минералы), для нижней – преобладание гидрослюды и смектита несовершенной структуры; в средней зоне отмечен хлорит. Особенностью разреза является почти полное отсутствие каолинита – встречается только в виде следов (за исключением верхнего интервала толщи). Полученные данные о минеральном составе осадков скв. 49 показали, что 30-метровая толща характеризуется закономерными зональными изменениями. В скв. 34 исследовано 15 образцов. При сравнении обеих скважин выявлена тенденция к увеличению содержания глинистой фракции с глубиной. Для второго разреза характерно преобладание гидрослюды и постоянное присутствие каолинита; появление смешанослойных минералов отмечается только в нижней зоне, для верхней и средней характерно присутствие хлорита в виде следов.

В конце наших рассуждений (в качестве заключения) естественно возникает вопрос – какой метод следует рекомендовать? Видимо, следует остановиться на РСА и «Decompose», тем более что они взаимно связаны и дополняют друг

друга. Порошковый метод широко применяется в Центре коллективного пользования «Геохронология и геодинамика» ИЗК СО РАН. Возможно применение «Экспресс-метода», при этом, получив в виде порошка фракцию $<0,001$ мм, необходимо не только измерить ЕКО¹, но и определить химический состав (восемь компонентов), тогда, имея данные РСА, можно провести расчеты по программному комплексу «Decompose».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Викулова М.Ф. Электронно-микроскопические исследования глин. – М.: Госгеолгиздат, 1952. – 20 с.
2. Молодых И.И. Лессовые породы южной части Ангаро-Окинского междуречья. – Иркутск, 1958. – 56 с.
3. Солоненко В.П. Очерки по инженерной геологии Восточной Сибири. – Иркутск: Иркутское книжное издательство, 1960. – 88 с.
4. Рященко Т.Г., Пальшин Г.Б. Лессовые породы юго-западной части Иркутского амфитеатра // Физико-механические свойства и вопросы формирования лессовых пород Сибири. – М.: Наука, 1968. – 24–33.
5. Методическое руководство по петрографо-минералогическому изучению глин (коллективное издание под руководством Викуловой М.Ф.). – М.: Госгеолтехиздат, 1957. – 448 с.
6. Лабораторные работы по грунтоведению: Учебное пособие / Под ред. В.Т. Трофимова и В.А. Королева. – М.: КДУ, Университетская книга, 2017. – 634 с.
7. Рященко Т.Г., Данилова Т.Ф. К методике прогноза физико-химической активности пород и минерального состава их глинистой фракции // Изменения геологической среды и их прогноз. – Новосибирск: Наука, 1985. – С. 36–46.
8. Сутурин А.Н., Сутурина Т.А., Рященко Т.Г. Программный комплекс количественной оценки содержания глинистых минералов и его роль в прогнозе инженерно-геологических свойств пород // Моделирование и прогнозирование геофизических процессов. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1986. – С. 72–89.
9. Ревенко А.Г. Физические и химические методы исследования горных пород и минералов в Аналитическом центре ИЗК СО РАН // Геодинамика и тектонофизика, Том 5(1). 2014. – С. 101–114.
10. Hubbard C.R., Snuder R.I. RIR – Measurement and Use in Quantitative XRD // Powder Diffraction. 1988. V. 3. – P. 74–77.

© Т.Г. Рященко, Н.Н. Ухова, М.Н. Рубцова, 2019

УДК 622.1

ОСОБЕННОСТИ КОМПЛЕКСНЫХ МАРКШЕЙДЕРСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ В СОСТАВЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ КАРЬЕРНЫХ УСТУПОВ

Беляев Евгений Николаевич

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, старший преподаватель, e-mail: bgs@irk.ru

Аннотация статьи. Предотвращение оползней и обрушений откосов на карьерах, а также разработка мероприятий, снижающих вредное воздействие деформаций уступов, бортов, отвалов и территорий, прилегающих к карьере, является необходимым условием бесперебойной работы горного предприятия.

Основным средством получения информации о состоянии бортов карьеров и отвалов являются маркшейдерские наблюдения за их деформациями. В зависимости от целей и задач, наблюдения проводят в различном объеме и в различные по продолжительности периоды времени.

Особую роль в обеспечении эффективной и безопасной эксплуатации горного предприятия играет оперативность получения измерительной информации и предоставления результатов заинтересованным лицам и организациям. Традиционные методы измерений не обеспечивают высокой оперативности. Маркшейдерско-геодезические наблюдения включают большой объем полевых измерений и представляют собой сложные и длительные процедуры. В зимний период времени они трудно осуществимы.

В современных условиях сбор данных наблюдений за деформационными процессами нуждается в автоматизации процесса, унификации методов сбора геопространственной информации и получении результатов с однородной точностью и периодичностью. Каждый объект уникален и требует индивидуального подхода создания конкретной системы и технологии мониторинга с учетом специфики технологических характеристик, сложности объекта, изменяющейся инфраструктуры и условий местности объекта.

Ключевые слова: деформационный мониторинг, сеть базовых станций, непрерывные наблюдения, маркшейдерский контроль.

FEATURES OF COMPLEX MINE-SURVEYING OBSERVATIONS AS PART OF SYSTEM AUTOMATED MONITORING CONDITION OF CAREER LEDGES

Evgeny Nikolaevich Belyaev

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia, e-mail: bgs@irk.ru

The prevention of landslides and collapse of slopes in quarries, as well as the development of measures to reduce the harmful effects of deformation of ledges, sides, dumps and territories adjacent to the quarry, is a prerequisite for the smooth operation of a mining enterprise. The main means of obtaining information about the condition of the sides of quarries and dumps are surveying observations of their deformations. Depending on the goals and objectives, the observations are carried out in different volumes and in different periods. A special role in ensuring the efficient and safe operation of a mining enterprise is played by the speed of obtaining measurement information and providing results to interested individuals and organizations. Traditional measurement methods do not provide high efficiency. Surveying and geodetic observations include a large volume of field measurements and are complex and lengthy procedures. In the winter, they are difficult to implement. In modern conditions, the collection of observation data for deformation processes requires automation of the process, the unification of methods for collecting geospatial information and ob-

taining results with uniform accuracy and frequency. Each object is unique and requires an individual approach to create a specific system and monitoring technology, taking into account the specifics of technological characteristics, the complexity of the object, the changing infrastructure and the terrain of the object.

Key words: deformation monitoring, network of base stations, continuous observations, surveying control.

Необходимость постоянного контроля деформационных явлений и процессов в массиве горных пород при разработке месторождений открытым способом в целях контроля состояния горнотехнических объектов и окружающей среды диктует наблюдениям за деформационными процессами организационную форму комплексного подхода к мониторингу состояния массива горных пород. В определение мониторинга заложен смысл системы непрерывного наблюдения за явлениями и процессами, проходящими в окружающей среде, результаты которого служат для принятия управленческих решений по обеспечению безопасности людей и объектов горного предприятия. В рамках комплексного подхода к системе мониторинга происходит оценка, контроль объекта, управление состоянием объекта в зависимости от воздействия определённых факторов.

За последние несколько лет развитие представлений о мониторинге характеризуется выделением систем (и подсистем) мониторинга по различным признакам, главным образом – в зависимости от объекта наблюдений. Одним из примеров частного вида мониторинга является геодинамический мониторинг, направленный на изучение экзогенных и эндогенных геологических процессов. На сегодняшний день геодинамический мониторинг рассматривается как система постоянных или непрерывных наблюдений, анализа и прогноза геодинамического состояния недр, проводимых в соответствии с заданными нормативными требованиями в рамках природно-технической системы. Геодинамический мониторинг проводится с целью оценки современных аномальных геодинамических, деформационных, сейсмических и флюидогеохимических процессов природного и техногенного происхождения, а также для анализа риска возникновения негативных, в том числе катастрофических последствий [2]. При этом под геодинамическим процессом понимают процесс деформирования и разрушения массива горных пород, который возникает в результате изменения его механического состояния под воздействием природных эндогенных и технологических факторов и в ряде случаев достигает земной поверхности. Геодинамические процессы, как многокомпонентный объект мониторинга, требует применения комплексных методов.

При изучении геодинамических процессов применяют 2 подхода: кинематический и силовой. В первом случае, исследования, выполняемые геодезистами и маркшейдерами, направлены на измерение основных кинематических характеристик движений земной поверхности, таких как смещения, скорости, векторы направленности, с целью реконструкций исходного поля сил (напряжений). Сторонники силового подхода, к числу которых относятся геологи и

геофизики, исследуют механизмы формирования движений в различных геосферах и оценивают кинематические характеристики движений [2].

К числу ключевых функций маркшейдерской службы горного предприятия относится организация и проведение инструментальных наблюдений за процессами сдвига горных пород, проявлениями горного давления, деформаций земной поверхности, зданий и сооружений, за устойчивостью уступов, бортов карьеров и отвалов. Соответственно, деформационный мониторинг является составной частью маркшейдерского контроля. Наблюдения за деформациями также рассматриваются как комплекс работ, включающий этапы создания наблюдательных сетей, производства измерений и камеральной обработки результатов измерений [5]. Сегодня акцент делается на используемую методику проведения деформационного мониторинга, основанную на классических методах инструментальных маркшейдерских наблюдений.

Основная задача автоматизированных систем маркшейдерско-геодезического деформационного мониторинга состоит в своевременном выявлении и анализе причин деформационных процессов, моделировании прогноза их дальнейшего протекания. Результаты, полученные с помощью такой системы мониторинга, служат основой для принятия соответствующих решений, например, об остановке производства и эвакуации людей. Другая, не менее важная, задача – интегрирование подобных систем в общую концепцию комплексного обеспечения устойчивости и безопасности горных работ на стадии проектирования, строительства и эксплуатации. Важнейшей задачей проектирования геодезических работ по деформационному мониторингу является оптимальный выбор и разработка рациональной методики применения серийных и специальных геодезических инструментов. Для обеспечения однородности измерений при выборе геодезических приборов и технологий деформационного мониторинга следует опираться на выпускаемые приборы высокого качества и надежности, избегать разнотипности одноименных приборов, ограничивать необходимость разработки и применения специальных не стандартизированных приборов и приспособлений.

Концепция создания системы автоматизированного мониторинга деформационных процессов основывается на пространственной каркасной сети из оптических и спутниковых геодезических инструментов и состоит из (Рис. 1):

- сеть опорных базовых станций, стационарно установленные GPS-антенны с приемником, модулем приемо-передачи данных и электропитанием располагаются вне зоны возможных деформаций.

- сеть активных опорных точек, стационарно установленные GPS-антенны с приемником, отражателем 360°, модулем приемо-передачи данных и электропитанием располагаются по периметру карьера в зоне видимости стационарных наблюдательных станций.

- сеть наблюдательных станций, опорный репер с принудительным центрированием, на который устанавливается роботизированный тахеометр, модуль передачи данных, электропитание.

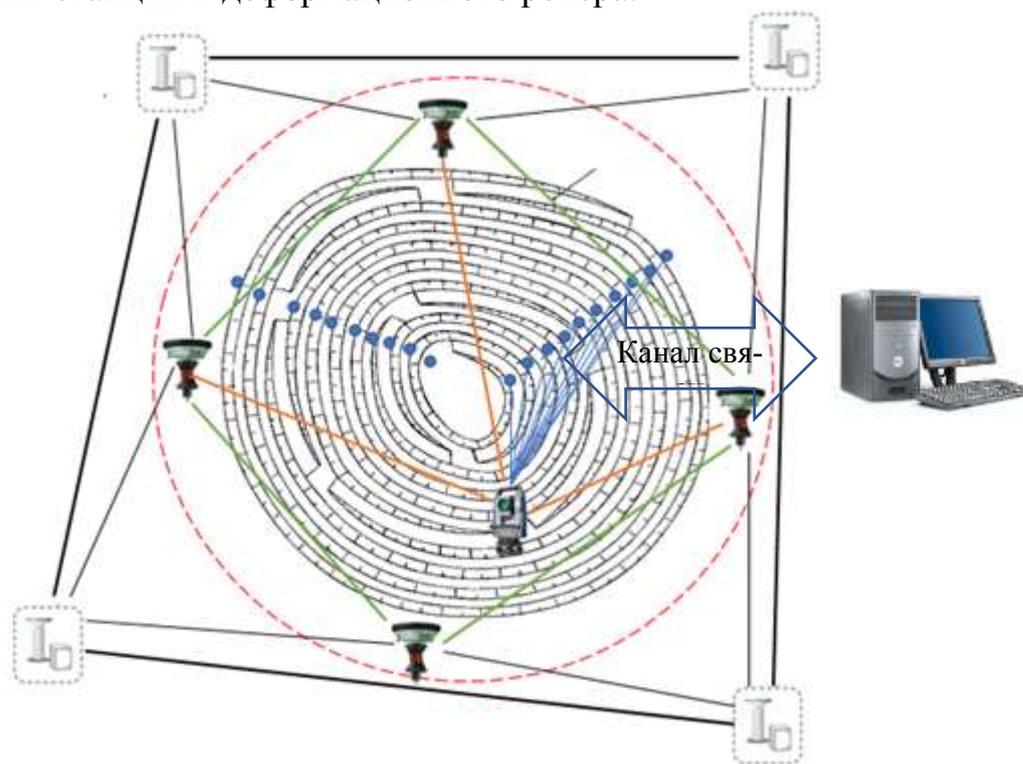
- сеть рабочих реперов, отражатели располагаются в зоне видимости тахеометра на участках склонных к сдвигению.

Следует обратить внимание на то, что применение геодезических инструментов при создании автоматизированных системах деформационного мониторинга невозможно без применения специализированных программных комплексов по управлению работой системы, передачи, пред обработки и анализа результатов геодезических измерений и графическому представлению результатов обработки данных.

Точность и периодичность наблюдений должны обеспечивать возможность судить о неизменности деформационных процессов в интервале времени между сериями наблюдений и позволять фиксировать момент его изменения.

При назначении оптимальной точности наблюдений в начальный период целесообразно ориентироваться на минимальные величины смещений, которые поддаются интерпретации, а также на возможные величины смещений пунктов и реперов, не связанные с горными работами, и на реально возможную точность определения смещений применяемыми методами и средствами измерений.

Учитывая вышесказанное, пространственная погрешность положения деформационного репера будет складываться из ошибок пространственного определения координат базовых опорных станций, активных опорных точек, наблюдательных станций и деформационного репера.



зона возможных деформаций,
оптические наблюдения за реперами,
оптические наблюдения при обратной геодезической засечке,
спутниковые наблюдения на активных опорных точках,
спутниковые наблюдения на стационарных базовых станциях.

Рисунок 1. Структурная схема системы автоматизированного мониторинга

Формула определения погрешности примет вид:

$$M_P = \sqrt{M_{Б.О.С.}^2 + M_{А.О.Т.}^2 + M_{Н.С.}^2 + M_{Д.Р.}^2} \quad (1)$$

где:

$M_{Б.О.С.}$ – Пространственная погрешность определения координат базовой опорной станции;

$M_{А.О.Т.}$ – Пространственная погрешность определения координат активной опорной точки;

$M_{Н.С.}$ – Пространственная погрешность определения координат наблюдательной станции (станция установки тахеометра);

$M_{Д.Р.}$ – Пространственная погрешность определения координат деформационного репера.

Погрешность пространственного положения отдельного пункта, координаты которого определены GPS-аппаратурой, могут быть получены из выражения:

$$M_{Б.О.С.} = M_{А.О.Т.} = \sqrt{R^2 M_{изм}^2 + M_{тр}^2 + M_{ц}^2} \quad (2)$$

где:

$M_{Б.О.С.}$ – пространственная погрешность определения координат базовой станции;

$M_{А.О.Т.}$ – пространственная погрешность определения координат опорной активной точки;

R - коэффициент, значение которого определяют, исходя из условий радиовидимости (при удовлетворительной радиовидимости $R=1$);

$M_{изм}$ - погрешность измерений (аппаратурная погрешность)

$$M_{изм} = \sqrt{M_{XY}^2 + M_Z^2} \quad (3)$$

где:

$M_{ц}$ - погрешность центрирования GPS-приемника и измерения его высоты;

$M_{тр}$ - погрешность трансформирования, обусловленная погрешностью взаимного положения трансформационных пунктов [1].

Однако, следует учесть, что при выборе GPS оборудования для установки на базовой опорной станции и активной опорной точке равенство $M_{Б.О.С.}=M_{А.О.Т.}$ будет неверно. Следовательно, погрешности положения Б.О.С. и А.О.Т. необходимо определить для каждого в отдельности.

Погрешность центрирования $M_{ц}=0$ вследствие конструкции реперов долговременной станции, обеспечивающей принудительное центрирование.

Погрешность трансформирования $M_{тр}=0$ ввиду своих малых значений.

Общая ошибка положения деформационного репера $M_{Д.Р.}$ включает в себя погрешности положения по осям X , Y и Z :

$$M_{Д.Р.} = \sqrt{M_X^2 + M_Y^2 + M_Z^2} \quad (6)$$

где:

$M_{Д.Р.}$ – погрешность определения пространственной координаты;

M_X, M_Y, M_Z – погрешности определения координаты по осям X, Y, Z .

Ошибки центрирования и определения высоты прибора не учитываются ввиду установки тахеометра и отражательной призмы стационарно.

Ошибка визирования не учитывается из-за своей незначительности, ввиду использования в роботизированных тахеометрах автоматических систем наведения и захвата цели.

В свою очередь, каждая из ошибок по осям состоит из двух: погрешностей - из-за ошибок измерения углов и длин:

$$M_{д.р.} = \sqrt{M_{x\beta}^2 + M_{x\gamma}^2 + M_{y\beta}^2 + M_{y\gamma}^2 + M_{z\delta}^2 + M_{z\iota}^2} \quad (7)$$

где:

$M_{д.р.}$ – погрешность определения пространственной координаты;

$M_{x\beta}, M_{y\beta}$ – погрешности измерения горизонтального угла;

$M_{z\delta}$ – погрешность измерения вертикального угла;

$M_{x\iota}, M_{y\iota}, M_{z\iota}$ – погрешности измерения длин линий.

При выполнении тригонометрического нивелирования для электронных тахеометров высокой точности справедливо равенство $M_{\beta} = M_{\delta}$, «Исследование точности измерения превышений...» [2].

Соответственно выражение средней угловой ошибки примет вид:

$$M_{\beta}^2 = M_{\delta}^2 = \frac{m_{\beta}^2}{\rho^2} * (L * 10^{-3})^2 \quad (8)$$

где:

M_{β}, M_{δ} – погрешность измерения угла;

m_{β} – угловая точность прибора (в угловых секундах);

ρ – количество секунд в 1 радиане ($\rho = 206265''$);

L – измеренное расстояние в метрах.

Для линейных ошибок тахеометра выражение можно записать в виде:

$$M_{\iota} = a + b * L \quad (9)$$

где:

M_{ι} – погрешность определения расстояния;

a и b – коэффициенты вычисления погрешности измерения расстояния электронным тахеометром;

L – измеряемое расстояние в км.

Практическим применением вышеуказанной методики предварительного расчета погрешности на полученных формулах будет определение и выбор геодезических приборов по характеристикам их точности для проектирования системы автоматизированного мониторинга деформационных процессов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Практическое руководство по созданию, контролю и реконструкции маркшейдерско-геодезических плановых сетей на шахтной поверхности и наблюдению за сдвижением поверхности с использованием спутниковой 77 аппаратуры. - ВНИМИ, Санкт – Петербург, 1998. Согласовано: Госгортехнадзор России от 09.12.1998г. №04-35/826.

2. Никонов А.В., Рахымбердина М.Е. Исследование точности измерения превышений электронным тахеометром высокой точности в полевых условиях // Вестник СГУГиТ, 2013. Т.21, №1. С. 16-27.

3. Инструкция по развитию съёмочного обоснования и съёмке ситуации и рельефа с применением глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS, ГКИНП (ОНТА) 02-262-02. М: ЦНИИГАиК, 2002. – 124 с.

4. Методика проведения геомеханического мониторинга сдвижений и деформаций бортов карьера и отвалов для условий ОАО «Михайловский ГОК» / Гусев В.Н., Будилова В.В., Мастраков А.В. Научный центр геомеханики и проблем горного производства, СПбГГУ, 2015.

5. Методические указания по наблюдениям за деформациями бортов, откосов уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости. ВНИМИ, 1971.

6. Разработка и исследование автоматизированной системы геодезического деформационного мониторинга инженерных сооружений на основе высокоточной цифровой инклинометрии и тахеометрии. Хиллер, Бернд, МИИГАиК, 2017.

© Е.Н. Беляев, 2019

УДК 528.711

ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ НА ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАЗРАБОТКАХ (КАРЬЕРАХ) С ПОМОЩЬЮ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Шариф Рустамжанович Охунов

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83 аспирант кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. 89526307550, e-mail: okhunov-88@mail.ru

Борис Николаевич Олзоев

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, кандидат географических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, тел. 8(914) 9270588, e-mail: bnolzoev@yandex.ru

Аннотация статьи. Представлен опыт развития технологий ДЗЗ с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для мониторинга и повышения качества и эффективности маркшейдерско-геодезических работ. Рассмотрены методы ДЗЗ и их применение в маркшейдерском деле, получение данных при съемке и дальнейшая их обработка. Описаны этапы работы с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Приведены примеры результатов, полученных данных и дальнейшая их обработка при съемке с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты, GNSS, дистанционное зондирование Земли, цифровая модель рельефа.

REMOTE SENSING ON OPENCAST MINING (IN QUARRIES) WITH THE HELP OF UNMANNED AERIAL VEHICLES (UAV)

Sharif R. Okhunov

Irkutsk State Technical University, 83, Lermontova St., Irkutsk 664074, post-graduate student of the department of Surveying and Geodesy, tel. 89526307550 E-mail: okhunov-88@mail.ru

Boris N. Olzoev

Irkutsk State Technical University, 83, Lermontova St., Irkutsk, 664074, Russia, candidate of geo-graphic Sciences, associate professor of Surveying and Geodesy, tel. 8(914) 9270588, e-mail: bnolzoev@yandex.ru

In the article, one can familiarize with the experience of the development of remote sensing technologies with the help of unmanned aerial vehicles (UAVs) for monitoring and improving the quality and efficiency of surveying and geodetic work. The methods of remote sensing and their application in mine surveying, data acquisition during survey and their further processing are considered. The stages of work with the use of unmanned aerial vehicles (UAV) are described. Examples are given of the results, the data obtained and their further processing when shooting with the help of unmanned aerial vehicles (UAVs).

Keywords: unmanned aerial vehicles (UAV), GNSS, remote sensing of the Earth (RS), digital relief model (DEM).

Введение. Современный этап развития дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) начался в 1972 году. Современные системы дистанционного зондирования отличаются большим разнообразием, а их технические характеристики

существенно превосходят характеристики аппаратуры.

Параллельно развитию космического ДЗЗ, широко развиваются аэрофото-съемки с применением воздушных лазерных сканеров (ВЛС) и съемка с помощью БПЛА. Беспилотные летательные аппараты – это воздушные транспортные средства, которые выпускаются в широких разновидностях, форм и размеров и может управляться удаленно или может самостоятельно управляться посредством программных планов полета в системах, защищенных системой, работающих на базе GNSS. БПЛА состоит из легких составных материалов для снижения веса и увеличения возможность изменения позиции. Благодаря использованию прочности составных материала они могут летать на чрезвычайно больших высотах. Они могут иметь встроенные различные навигационные системы или записывающие устройства, такие как цветные камеры, инфракрасные камеры и т. д. [1].

Съемка с помощью беспилотных летательных аппаратов. На нынешний день деятельно развивается аэрофото-съемка с беспилотных летательных аппаратов с дистанционным управлением. Съемка БПЛА возымело обширное использование в области инженерно-геодезических исследований и топографических съемок. Превосходство способа съемки БПЛА перед классической аэрофото-съемкой состоит:

- в безопасном применении, легкости в перевозке, недоступности пилота и взлётно-посадочных полос;
- в получении высококачественных съемок с высочайшим пространственным разрешением и отсутствием атмосферных искажений;
- в способности многофункциональной съемки (под углом к горизонту);
- в способности панорамной съемки;
- в высочайшей производительности труда за счет оперативного получения данных.

В итоге съемки оформляется ортофотоплан высочайшего разрешения и трехмерная цифровая модель рельефа. Конечным продуктом обработки считаются цифровой топографический проект и цифровая модель рельефа [3].

Технологии, разработанные для БПЛА, являются конкретными в том смысле, что для того, чтобы компенсировать отсутствие пилота и, таким образом, обеспечивать полет беспилотных летательных аппаратов и их автономное поведение, они в основном основаны на технологиях датчиков и микроконтроллеров, систем связи наземных станций управления и интеллекта автоматического управления станции. Эта система разделена на две части. С одной стороны – системы управления для машины, и в большинстве случаев они могут быть системами автопилота, которые используются для управляющие полеты с несколькими характеристиками. Такие системы содержат навигацию по путевой точке GNSS с высотой и воздушной скоростью, полностью интегрированная много осевая гироскопы и акселерометры, системы GNSS, индикаторы давления и счетчики, датчики воздушной скорости давления и т. д. Все эти датчики монтируются на аппаратных печатных платах. Они имеют полностью не-

зависимую работу, включая автономные взлеты. Автопилот распознает проблемы и инициирует землю, чтобы БПЛА немедленно возвращался к начальной точке. БПЛА также может управляться вручную с помощью множества управляющих систем посредством беспроводной связи [5].

Съемка с помощью БПЛА широко используются на открытых горных разработках (на карьерах). Применение БПЛА по сравнению с традиционным методом съемки (например, с помощью тахеометров или GNSS оборудованием) позволяет сократить время полевых работ с камеральной обработкой на карьерах с площадью 100–150 га до двух дней.

Съемка состоит из несколько этапов: 1) подготовительные работы; 2) выполнение полётов; 3) обработка и анализ полученных данных [4].

Подготовительные работы это создание и привязка опознавательных знаков на земной поверхности участка съёмки. Опознавательный знак это крестообразная конструкция, размером 1*1. Обычно опознаки зависят от высоты полёта БПЛА. При выборе место закладки опознавательных знаков, основными условиями является: благоприятные условия наблюдения спутников хорошая их видимость на аэрофотоснимках, отсутствие закрытости горизонта выше 15°. В данном случае можно использовать доску (перекрестие). По всему периметру границ съёмки опознавательные знаки надо расставлять, так чтобы их покрытие было равномерным. Координирование опознавательных знаков выполняется с помощью GNSS оборудовании [6].

Перед запуском БПЛА в интерфейсе наземной станции управления (НСУ) задаются: область съёмки, требуемые значения продольного и поперечного перекрытия и высота полета, от которой зависит пространственное разрешение снимков. По указанным параметрам НСУ автоматически создает маршрут, следуя по которому, БПЛА совершает аэрофотосъемку с фиксацией координат каждой точки фотографирования (рис. 1) [2].



Рисунок 1. Исходные снимки, полученные в результате выполнения аэрофотосъемки с БПЛА

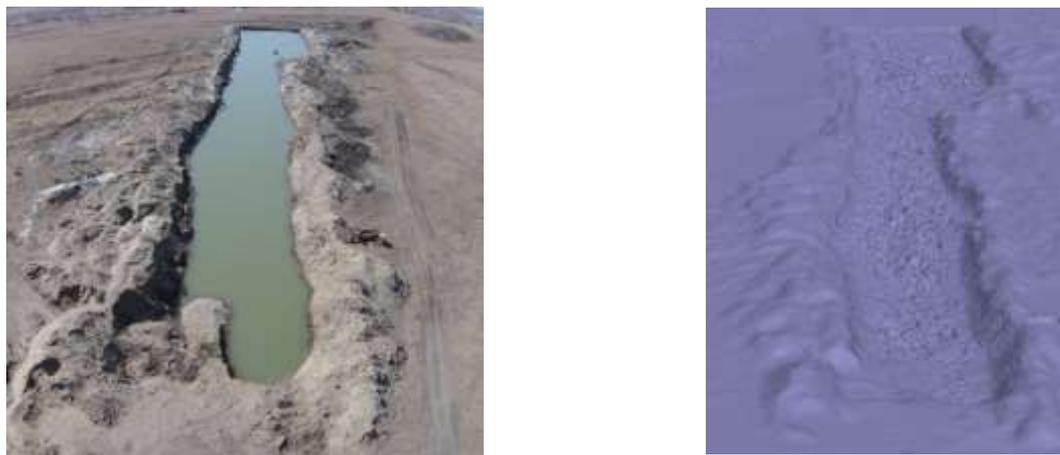


Рисунок 2. Результаты обработки данных в программе Agisoft Photoscan

Получение результатов фотосъёмки, обеспечивается обработкой цифровых снимков в программных обеспечениях, таких как: Agisoft PhotoScan, Photomod, которые намного упростят процесс обработки исходных материалов, автоматизировано. Определяются связующие точки на соседних снимках и уравниваются по указанным опорным точкам. Далее полученные данные закидываются в другие программы (рис. 2). Например, Lenta, AutoCad Civil 3D [7].

Обработка в программе Agisoft PhotoScan состоит из несколько этапов: добавление фотографий в проект, выровнять фотографии, построить плотное облако точек, построить трехмерную полигональную модель из облака точек. После получения модель облако точек данные закидывается в программный комплекс Lenta, в котором рисуется бровки. Конечное редактирование и оформление производится в программе AutoCad Civil 3D.

Применение БПЛА значительно экономичнее и быстрее наземных методов. А результаты по точности близки к результатам лазерного сканирования. Мониторинг карьеров и разрезов с использованием БПЛА повышает безопасность и эффективность работ, увеличивает их точность, при этом снижая стоимость и трудозатраты.

Вывод. Рассмотрен опыт дистанционного зондирования с помощью БПЛА, который имеет свои преимущества и недостатки. После проведения съёмки появляется целый ряд практически значимых материалов за короткие сроки после завершения аэросъёмочных работ. К этим материалам относятся облака точек, разделённые по их морфологической принадлежности, например, растительность, поверхность водоемов, земля, здания, провода ЛЭП, ортофотомозаика, цифровой модель рельефа и другие контурные объекты в трехмерном представлении. Информация с БПЛА намного минимизирует объем камеральной обработки данных.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рыльский И. А. Сравнение пригодности данных воздушного лазерного сканирования и аэрофотосъёмки с БПЛА для обеспечения проектных работ. 60 с.
2. Макаров В. А., Бондаренко Д. А., Макаров И. В. [и др.] Беспилотные летательные

аппараты для решения задач маркшейдерии и мониторинга открытых горных работ. 15 с.

3. Голубко Б. П., Гордеев В. А., Яковлев В. Н. Маркшейдерские работы на карьерах и разрезах. Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2010.

4. Сечин А.Ю. Беспилотный летательный аппарат: применение в целях аэрофотосъёмки для картографирования.

5. Антипов, А. В. Калибровка данных воздушного лазерного сканирования в программном продукте TerraSolid [Текст] / А. В. Антипов // ГЕО-Сибирь-2011. Т. 4. Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология: сб. матер. VII Междунар. науч. конгресса «ГЕО-Сибирь-2011», 19–29 апреля 2011 г., Новосибирск. – Новосибирск: СГГА, 2011. – С. 7–10.

6. Алтынцев М. А. Уравнивание данных воздушного лазерного сканирования для создания поверхности дорожного полотна [Текст] / М. А. Алтынцев, А. В. Антипов // Инновационные технологии сбора и обработки геопространственных данных для управления природными ресурсами: сб. материалов Междунар. конф. – Алматы, Республика Казахстан: Казахский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева, 2012. – С. 24–31.

© Ш.Р. Охунов, Б.Н. Олзоев, 2019

УДК 528.94

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ КАДАСТРОВЫХ ИНЖЕНЕРНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ КАРТ МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ РАЙОНОВ ПРИБАЙКАЛЬЯ

Сергей Михайлович Кузнецов

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Аспирант, e-mail: metallica-1994@mail.ru

Евгений Валерьевич Клевцов

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, кандидат географических наук, доцент кафедры маркшейдерского дела и геодезии, e-mail: v11@ex.istu.edu

Никита Викторович Зайцев

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Аспирант, e-mail: Nikita710@mail.ru

Михаил Владимирович Первойкин

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Аспирант, e-mail: ronnie.94@mail.ru

Аннотация статьи. Рассмотрены состав и назначение кадастровых карт, подвергнута анализу нормативно-правовая база государственных кадастров. Охарактеризованы основные проблемы, возникающие работе с данными полученными из государственных кадастров. Предложено создание кадастровых инженерно-хозяйственных карт, а также создание технологии кадастровых инженерно-хозяйственных карт.

Ключевые слова: Кадастровые инженерно-хозяйственные карты, муниципальные образования, кадастровое инженерно-хозяйственное картографирование.

TO THE ISSUE OF CREATING CADASTRE ENGINEERING AND ECONOMIC MAPS OF MUNICIPAL FORMATIONS IN THE REGIONS OF THE BAIKAL REGION

Sergey M. Kuznetsov

Irkutsk State Technical University, 83, Lermontova St., Irkutsk 664074, Russia, Irkutsk, Lermontov str., 83, post-graduate Student, e-mail: metallica-1994@mail.ru

Evgeny V. Klevtsov

Irkutsk State Technical University, 83, Lermontov St., Irkutsk 664074, Russia, Irkutsk, Lermontov str., 83, candidate of geographical sciences, associate professor of the department of mine surveying and geodesy, tel. +7 (3952) 40-51-03, e-mail: v11@ex.istu.edu

Nikita V. Zaytsev

Irkutsk State Technical University, 83, Lermontova St., Irkutsk 664074, Russia, Irkutsk, Lermontov str., 83, post-graduate Student, e-mail: Nikita710@mail.ru

Mikhail V. Pervoykin

Irkutsk State Technical University, 83, Lermontova St., Irkutsk 664074, Russia, Irkutsk, Lermontov str., 83, post-graduate Student, e-mail: Nikita710@mail.ru

The article considers the composition and purpose of cadastral maps, analyzes the regulatory framework of state cadastres. The main problems that arise when working with data obtained from state cadastres are described. The creation of cadastral engineering and economic maps is proposed, as well as the creation of technology of cadastral engineering and economic maps.

Key words: Cadastral engineering and economic maps, municipalities, cadastral engineering and economic mapping.

Введение. Разработка кадастровых карт для нужд муниципальных образований первого и второго уровней является необходимой мерой для проведения кадастровых работ, например, для регулярного уточнения местоположения границ земельных участков которые находятся в ведении муниципального образования, согласование границ земельных участков и т. д. На современном этапе развития информационных связей между органами, осуществляющими государственный кадастровый учет и органами местного самоуправления возникает потребность в цифровых кадастровых картах, которые являются востребованными в связи с решением задач государственного и муниципального значения. Развитие ГИС-технологий дает широкий спектр возможностей создания электронных тематических карт высокого качества с различным тематическим наполнением и удобной компоновкой, представляющие пространственные данные в удобном виде.

Состав и назначение кадастровых карт. Одной из главных проблем муниципальных образований на сегодняшний день является отсутствие достаточного количества информационного обеспечения для управления территорией и нужд народного хозяйства. Основной необходимой информацией являются данные о местоположении земельных участков, их правовых характеристиках (категория земель, виды разрешенного использования, описание границ, сведения о собственниках на землю и других землепользователей, сведения об обременениях (ограничениях) использования участков), а также экономические кадастровые характеристики земель (для целей налогообложения и т. п.).

Согласно статье 13 пункта 4 ФЗ «О государственном кадастре недвижимости» «кадастровые карты представляют собой составленные на единой картографической основе тематические карты, на которых в графической форме и текстовой форме отображаются внесенные в государственный кадастр недвижимости сведения о земельных участках, зданиях, сооружениях, об объектах незавершенного строительства, о прохождении Государственной границы Российской Федерации, о границах между субъектами Российской Федерации, границах муниципальных образований, границах населенных пунктов, о территориальных зонах, зонах с особыми условиями использования территорий, кадастровом делении территории Российской Федерации, а также указывается местоположение пунктов опорных межевых сетей», [3].

Согласно приказу Министерства Экономического Развития Российской федерации от 19.10.2009г. №416 «Об установлении перечня видов и состава сведений кадастровых карт», [1] «устанавливаются следующие виды кадастровых карт: «публичные кадастровые карты, дежурные кадастровые карты, ка-

дастровые карты территорий муниципальных образований, кадастровые карты территорий субъектов Российской Федерации».

Цель создание кадастровых инженерно-хозяйственных карт. Подвергнув анализу нормативно правовую базу кадастрового картографирования можно сделать вывод о том, что методология кадастрового картографирования обладает комплексным подходом в сочетании с целевой направленностью и строгим регламентированием оно неразрывно связано с кадастром и является его подсистемой.

Однако информация, воспроизведенная на имеющихся кадастровых картах, не всегда удовлетворяет тем требованиям, которые необходимы для правильного управления земельными ресурсами муниципальных образований [2,4].

Создание кадастровых карт для муниципальных образований требует рассмотрения целого комплекса взаимосвязанных вопросов, которые в дальнейшем определяют то, какую информацию будут содержать такие кадастровые карты. К этим вопросам относится: выбор масштаба создаваемых карт, тематическое содержание создаваемых кадастровых карт, пространственно-координатная совместимость с другими картографическими материалами (топографическими картами, генеральными планами, административно-хозяйственными картами и т.п.), возможность оперативного обновления карты в соответствии с текущим положением, обеспечение эффективного многоцелевого использования кадастровой карты.

В связи с возросшей потребностью муниципальных образований в цифровых кадастровых картах предлагается создание так называемых «Кадастровых инженерно-хозяйственных карт» (КИХК). Принципы и методы технологии создания КИХК будут основываться на комбинировании методов создания карт с помощью ДЗЗ, а также наземных геодезических методов создания карт и планов.

Разработка технологии создания (КИХК) должна осуществляться на единой топографо-геодезической основе, что позволит в дальнейшем избежать несовместимости с другими картами, а также структурировать и хранить информацию в единой системе координат это обеспечит корректное представление пространственных данных и позволит производить в дальнейшем качественный контроль при ведении землеустроительных работ.

Планируется создание единого технологического подхода для кадастрового инженерно-хозяйственного картографирования всего масштабного ряда, что даст возможность стандартизации отображения необходимой информации на картах в соответствии с их масштабом. Это позволит обеспечить информативность карт и избежать перегруженности информацией, что может вызвать затруднения при чтении и работе с картой.

На сегодняшний день имеется проблема того, что кадастровая информация, хранящаяся в электронном виде, имеет разные форматы представления данных, представлена в различных системах координат и проекциях, часть информации представляется в виде каталогов координат без возможности ее визу-

ализации. Технология создания КИХК позволит создать единую кадастровую картографическую структуру и решить проблему разрозненности кадастровых данных [5].

Заключение. Создание кадастровых инженерно-хозяйственных карт (КИХК) позволит эффективно использовать их при ведении кадастровых работ, а также иных работ, связанных с требованиями народного хозяйства. Также это позволит решать многие задачи в развитии муниципальных образований на этапе планирования, так как вся необходимая информация будет непосредственно и доступно отображена. Данный вид карт будет относиться к публичным кадастровым картам, это откроет дополнительные возможности использования этих карт в различных отраслях и позволит максимально охватить все сферы человеческой деятельности.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Приказ Министерства экономического развития РФ от 19 октября 2009 г. № 416 «Об установлении перечня видов и состава сведений кадастровых карт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?from=129775-0&rnd=5223B064AFC93B7245F04CDB419AB38C&req=doc&base=LAW&n=188037&REFDOC=129775&REFBASE=LAW#38siyl35qvk>. (Дата обращения 11.10.2019).
2. «О кадастровой деятельности»: федеральный закон от 24.07.2007 N 221-ФЗ (ред. от 03.08.2018) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?from=123054-6&rnd=5223B064AFC93B7245F04CDB419AB38C&req=doc&base=LAW&n=326984&REFDOC=123054&REFBASE=LAW#2ose784njog> (Дата обращения 11.10.2019).
3. «О государственном кадастре недвижимости»: федеральный закон от 13.05.2008 г. N 66-ФЗ (с изменениями и дополнениями от 21 декабря 2009 г., 23 июля 2013 г., 23 июня 2014 г., 3 июля 2016 г., 29 июля 2017 г.) [Электронный ресурс]. – <http://base.garant.ru/12160392/8830b17f9977e4e3fdc32c49bb259372/> (Дата обращения 11.10.2019).
4. «О государственной регистрации недвижимости»: федеральный закон от 13.07.2015 N 218-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_182661/ (Дата обращения 11.10.2019).
5. Сапельников С.А., Тарарин А.М., Андреев А.В. // Кадастровые карты для муниципальных образований: баланс возможностей и потребностей: // Информационный бюллетень ГИС-Ассоциации.

© С.М. Кузнецов, Е.В. Клевцов, Н.В. Зайцев, М.В. Первойкин, 2019

УДК 528.94

ЗНАЧЕНИЕ ГИС В ВЫБОРЕ МЕСТА ДЛЯ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛИГОНА ТБО. АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Сергей Андреевич Радченко

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, аспирант, e-mail: radchenko9525@yandex.ru

В статье затрагивается тема поиска наиболее подходящих мест для размещения полигонов для захоронения отходов с помощью геоинформационных систем и многокритериального анализа решений. В России данная тема развита недостаточно полно. В основном подходят только со стороны использования многокритериального анализа решений и не учитываемые геоинформационные системы. Целью исследования было понимание, как происходит процесс подбора полигона для захоронения отходов с помощью данного метода, а также понимание, какие исходные данные понадобятся в России. Исследование проводилось путём анализа англоязычных источников по данной теме, а также российского законодательства в области оборота отходов. В результате работы была изложена одна из изученных статей, выделены основные критерии по выбору места для полигона. А также определены обязательные исходные данные для проведения данной работы в России.

Ключевые слова: геоинформационная система, многокритериальный анализ решений, критерий, полигон ТБО.

THE VALUE OF GIS IN CHOOSING A LOCATION FOR THE LANDFILL. ANALYSIS OF EXISTING STUDIES

Sergey A. Radchenko

Irkutsk National Research Technical University, Russia, Irkutsk, postgraduate student, e-mail: radchenko9525@yandex.ru

The article deals with the topic of finding the most suitable places for placing landfills for waste disposal with using geo-information systems and multi-criteria analysis of solutions. In Russia, this topic is not fully developed. Basically, they are suitable only for using multi-criteria analysis of solutions and do not take geo-information systems into account. The purpose of the study was to understand how the selection process for landfills is performed using this method, as well as to understand what initial data will be needed in Russia. The study was conducted by analyzing English-language sources on this topic, as well as Russian legislation in the field of waste turnover. As a result of the work, one of the studied articles was presented, and the main criteria for choosing a site for the polygon were highlighted. It also defines the required source data for this work in Russia.

Key words: geographic information system, multicriteria decision analysis, the criterion of the landfill.

Введение. В связи с увеличением темпов роста населения и экономическим развитием возрастает производство твёрдых бытовых отходов, всё это способствует затруднению в управлении по размещению и утилизации отходов. Проблемы, связанные с загрязнением окружающей среды в результате использования открытых свалок для “утилизации” отходов, сопровождает человечество с ранних времён, но сейчас угроза загрязнения становится ощутимее. Несмотря

на то, что по всему миру сейчас разрабатываются программы по переработке и утилизации отходов, из-за технического несовершенства невозможно переработать все производимые отходы [1]. Поэтому потребность в полигонах для захоронения отходов по-прежнему остаётся актуальной.

Для выбора места обустройства полигона для отходов обязательно учитывают экологические, финансовые, социальные и технические факторы. Что в свою очередь делает проект очень сложным, а в результате незначительной ошибки может пострадать окружающая среда, в частности среда обитания, плодородие почвы, водные ресурсы и т.д. При размещении свалок необходимо так же учитывать экономические факторы. Затраты на приобретение, эксплуатацию и развитие полигона могут значительно повлиять на его эффективную работоспособность.

Эффективным инструментом для поиска наиболее подходящего места для размещения полигона, учитывая множество критериев, является геоинформационная система (ГИС), имеющая возможность проводить многокритериальный анализ решений (МКАР). Использование ГИС позволит обеспечивать эффективную обработку, представление и хранение данных, а МКАР позволит выявить максимально подходящее решение, учитывая все исходные данные.

Управление твердыми бытовыми отходами (ТБО) находится на одном из первых мест среди экологических проблем мира и, несомненно, представляет общеземную угрозу из-за быстро растущего количества отходов. Во многих странах мира данный вопрос является наиболее актуальным из-за небольшого соотношения между населением и площадью. Увеличение населения напрямую способствует увеличению образования отходов. Таким образом, существует необходимость в эффективном и действенном управлении отходами. Над решением этой задачи трудятся учёные по всему миру, прибегая к разным методам.

Методы исследования. Исследование для отбора соответствующих статей было выполнено через различные научные журналы издателей, таких как; ScienceDirect (www.sciencedirect.com), SpringerLink (link.springer.com), ASCE (www.asce.org), шалфей (online.sagepub.com), Тейлор и Фрэнсис (www.tandfonline.com), а также база данных Скопус (www.scopus.com). Поиск осуществлялся с помощью следующих терминов: мультикритериальные и ГИС, моделирование полигона, размещение полигона, картирование и анализ, выбор полигона твердых бытовых отходов (ТБО), анализ пригодности, захоронение и MCDA.

Результаты. ГИС – это инструмент, который может давать пространственные и не пространственные данные для городского развития и управления. Он также может связать всю информацию для различных целей. Поэтому в данной статье будут рассмотрены некоторые из исследований по использованию ГИС для определения местоположения потенциальных свалок, которые не будут представлять опасности для здоровья жителей, а также для обеспечения устойчивого управления твердыми отходами.

В работах рассматривались методы выявления новых мест для размещения полигона с помощью ГИС и интегрированным в него МКАР на основе исходных данных о состоянии территории.

Так, например, группа молодых учёных из технологического университета Нигерии, город Акуре, представили работу по поиску наиболее подходящих мест для размещения полигонов для бытовых отходов для своего района. Поиск осуществлялся в программе ArcGIS с помощью технологии многокритериального анализа решений. За исходные данные для осуществления анализа были взяты: космические снимки Landsat 8; цифровая модель рельефа (ЦМР); карты речной и дорожной сети; почвенные карты; сейсмические карты; статистические параметры окружающей среды. Все данные собирались из разных источников.

Снимки Landsat 8 были взяты с сайта Геологической службы США (USGS). Данные снимки использовались для создания карты землепользования и растительного покрова. Данные ЦМР использовались для создания карт склонов, рек и водоразделов, и были взяты с сайта Глобального фонда по земельному покрову (GLCF). Геологические данные получили из Мировой реферативной базы почвенных ресурсов (HWSD), которая формируется в результате сотрудничества между продовольственным сельским хозяйством. Для создания дорожной сети были использованы данные из программы Google Earth.

По каждому из исходных данных были заданы критерии для разделения земель по пригодности. Для воды дорожной сети и жилой области таким критерием являлось расстояние, например, для воды менее 160 метров до воды являлось недопустимым, а отличным становилось расстояние более 960 метров. Для дорог расстояние увеличивалось до 300 метров – наихудший вариант, и 2000 метров – лучший вариант. До жилой территории отличным показателем была удалённость на 8000 метров. Разность расстояний до различных объектов обусловлена влиянием полигона с отходами на окружающую среду. Так как на воду не окажет большого влияния запах исходящий от свалки, то идеальное расстояние до воды на много меньше, чем у населённого пункта. Для данных, имеющих не числовые значения, например, карта растительности, были присвоены параметры от 1 до 5, в зависимости от пригодности. Например, земли без растительности имели индекс 1, как наиболее пригодные, а с густой растительностью – 5.

После проведения МКАР была получена карта местности (рис. 1) на которой красным показаны наиболее подходящие территории для размещения полигонов для бытовых отходов, а синим – наименее пригодные.

Выше был представлен один из примеров работы по подбору места для размещения полигона для бытовых отходов. Подобными исследованиями занимается большое количество учёных по всему миру. В каждом регионе в зависимости от законодательства используются свои критерии оценки пригодности для расположения полигонов. Самые распространённые из них можно разделить на три группы: критерии окружающей среды, социальные критерии, экономические критерии [3].

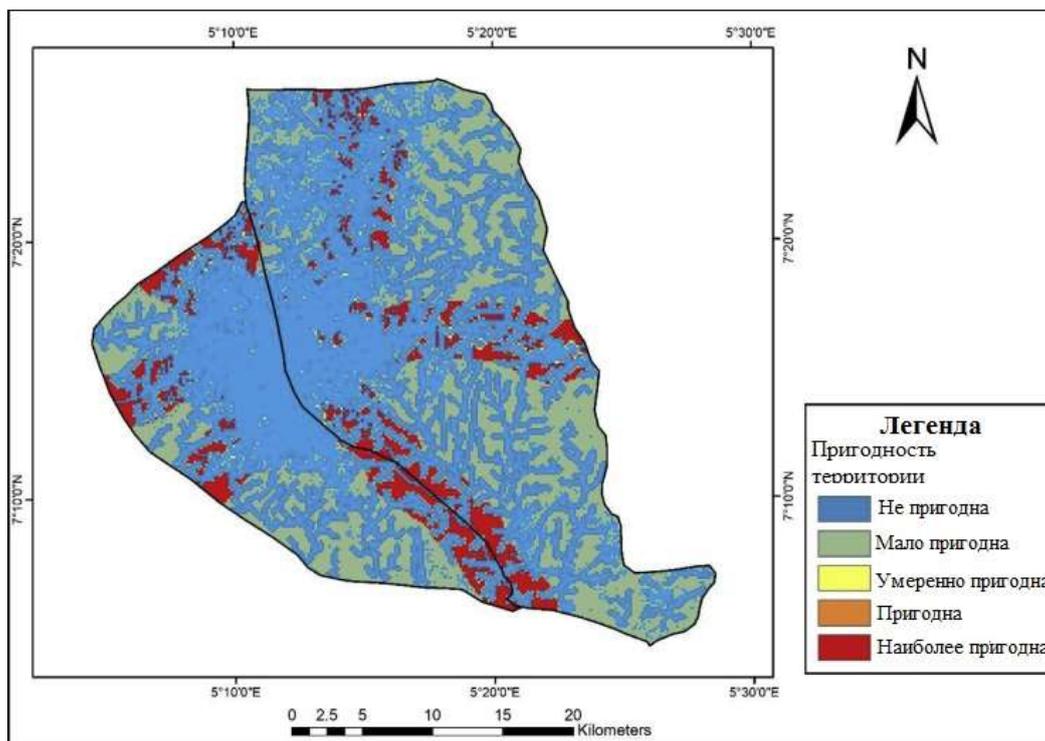


Рисунок 1 Результат МКАР [2]

К критериям окружающей среды относятся: атмосферные параметры, геология территорий, грунтовые воды, поверхностные воды, геоморфология и почвы. К социальным критериям относятся: населённые пункты, политика государства, общественное мнение. К экономическим факторам можно отнести землепользование и инфраструктуру.

По российскому законодательству запрещается захоронение отходов в границах населенных пунктов, лесопарковых, курортных, лечебно-оздоровительных, рекреационных зон, а также водоохраных зон, на водосборных площадях подземных водных объектов, которые используются в целях питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения [4]. Запрещается захоронение отходов в местах залегания полезных ископаемых и ведения горных работ в случаях, если возникает угроза загрязнения мест залегания полезных ископаемых и безопасности ведения горных работ [5]. Это означает, что проектирование полигонов для отходов должно осуществляться на основе геологических гидрологических и кадастровых карт и т.д.

Заключение. Выбор места для свалки отходов – это сложный процесс, включающий в себя оценку многочисленных факторов, таких как правила, инженерные, экологические, социально-культурные и экономические факторы. Интеграция методов дистанционного зондирования и ГИС использовались для картографирования пригодных для захоронения отходов участков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Мониторинг полигонов ТБО и обнаружение стихийных мусоросвалок по данным космической съемки [Электронный ресурс] : статья. – Поставка и обработка космических снимков «ИНОТЕР».
2. Fidelis O.A. Combining multicriteria decision analysis with GIS for suitably siting landfills in a Nigerian state // Elsevier Inc. – 2019.
3. Sohaib K. M. GIS modelling for new landfill sites: critical review of employed criteria and methods of selection criteria// Abujaayab et al 2016 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 37 012053.
4. Федеральный закон "Об отходах производства и потребления" от 24.06.1998 N 89-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс] : – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
5. Федеральный закон "О внесении изменений в статью 16 Федерального закона "Об охране окружающей среды" и отдельные законодательные акты Российской Федерации" от 30.12.2008 N 309-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс] : – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

© С.А. Радченко, 2019

УДК 528.94

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНЖЕНЕРНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫХ КАРТ ПРИ КОЛИЧЕСТВЕННОМ И КАЧЕСТВЕННОМ УЧЁТЕ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ ЮЖНОГО ПРИБАЙКАЛЬЯ

Пётр Андреевич Фёдоров

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, аспирант, e-mail: fpao2010@ya.ru

В статье затрагивается тема поиска наиболее подходящих мест для размещения полигонов для захоронения отходов с помощью геоинформационных систем и многокритериального анализа решений. В России данная тема развита недостаточно полно. В основном подходят только со стороны использования многокритериального анализа решений и не учитываемые геоинформационные системы. Целью исследования было понимание, как происходит процесс подбора полигона для захоронения отходов с помощью данного метода, а также понимание, какие исходные данные понадобятся в России. Исследование проводилось путём анализа англоязычных источников по данной теме, а также российского законодательства в области оборота отходов. В результате работы была изложена одна из изученных статей, выделены основные критерии по выбору места для полигона. А также определены обязательные исходные данные для проведения данной работы в России.

Ключевые слова: геоинформационная система, многокритериальный анализ решений, критерий, полигон ТБО.

THE VALUE OF GIS IN CHOOSING A LOCATION FOR THE LANDFILL. ANALYSIS OF EXISTING STUDIES

Radchenko Sergey Andreevich

Irkutsk National Research Technical University, Russia, Irkutsk, postgraduate student, e-mail: fpao2010@ya.ru

The article deals with the topic of finding the most suitable places for placing landfills for waste disposal with using geo-information systems and multi-criteria analysis of solutions. In Russia, this topic is not fully developed. Basically, they are suitable only for using multi-criteria analysis of solutions and do not take geo-information systems into account. The purpose of the study was to understand how the selection process for landfills is performed using this method, as well as to understand what initial data will be needed in Russia. The study was conducted by analyzing English-language sources on this topic, as well as Russian legislation in the field of waste turnover. As a result of the work, one of the studied articles was presented, and the main criteria for choosing a site for the polygon were highlighted. It also defines the required source data for this work in Russia.

Key words: geographic information system, multicriteria decision analysis, the criterion of the landfill.

В условиях ускоренного научно-технического прогресса и роста производства в южных районах Иркутской области, сопровождающихся возрастающим вовлечением в хозяйственное использование природных ресурсов, влияние всестороннего взаимодействия природы и общества на состояние окружающей среды усиливается, а последствия неуправляемых процессов этого взаимодействия становятся настолько наглядными, что экологические проблемы относят

к числу самых актуальных для данной территории и для человечества в целом. В связи с этим, необходимым направлением ведения хозяйства является рациональное природопользование, сохранение и улучшение окружающей среды.

В то же время одну из важнейших ролей в стабилизации сбалансированного взаимодействия основных экологических систем биосферы играют леса. Они наиболее устойчивы и приспособлены к изменениям внешних условий среди всех других экосистем суши. Будучи одной из важнейших составных частей биосферы, леса выступают как значимый экологический фактор в вопросе экологии и охраны окружающей природной среды, в жизни нынешнего и будущих поколений людей. Рациональное использование и охрана леса как природного ресурса, а также охрана с помощью леса окружающей среды должны быть общими и обязательными для всех отраслей хозяйства [1].

Согласно лесному законодательству (статья 90 лесного кодекса [2]), с целью своевременного выявления и прогнозирования развития процессов, оказывающих негативное воздействие на леса, проводится их государственная инвентаризация. Она представляет собой мероприятия по проверке состояния лесов, их количественных и качественных характеристик. Однако, закреплённая на уровне федеральных законов исключительная значимость леса далеко не всегда и не на всех территориях России соответствует фактическому положению дел.

В прошлом веке положено начало интенсивному использованию лесных ресурсов в бассейне р. Ангары, и процесс их эксплуатации ведётся по настоящее время. Вырубки деревьев в Верхнем Приангарье зачастую производятся нерационально и с нарушениями, при этом основную часть нарушений несут не криминальные вырубки, имеющие чаще локальный характер, а полузаконные «серые рубки», затрагивающие ресурсы лесов, расположенных вблизи населённых пунктов, что связано с удобством и выгодой в использовании таких ресурсов. Ситуация усугубляется тем, что в южных районах Иркутской области регулярно происходят лесные пожары, оказывающие влияние на динамику развития лесов на данной территории [3]. В результате нерациональных вырубок и пожаров реки всё больше становятся подвержены паводкам, что приводит к затоплению огромных территорий. От стихийных наводнений страдают населённые пункты и пахотные земли, занимающие не последнее место в экономике юга Иркутской области.

Одной из причин нерационального использования лесных ресурсов в Южном Прибайкалье является несовершенство системы количественного и качественного учёта лесов в регионе. Источником информации о количественных и некоторых качественных характеристиках леса могут послужить инженерно-хозяйственные карты. Гносеологическая концепция картографии, зародившаяся, вероятно, с появлением данной науки, рассматривает карту как один из способов отображения действительности, а геоинформационная концепция, появившаяся относительно недавно — 30–40 лет назад, — даёт почву для использования моделирования в геоинформационных системах при решении актуальных проблем человечества [4], в том числе при рациональном природопользовании и в экологии. Инженерно-хозяйственная карта, таким образом, может

предстать перед нами как образно-знаковая геоинформационная модель действительности, выступающая одновременно и как инструмент познания, и как вариант моделирования действительности, и как способ передачи информации в цифровой форме.

Причины удобства инженерно-хозяйственных карт при количественном и качественном учёте лесных ресурсов кроются, прежде всего, в комплексности отображаемых на карте элементов, поскольку любое рациональное использование природных ресурсов подразумевает комплексный подход [5]. К элементам содержания инженерно-хозяйственных карт можно отнести:

- общегеографические элементы (рельеф, гидрография — с отметками минимальных и максимальных урезов воды на реках и водохранилищах, дорожная сеть, населённые пункты);

- разные виды природных ресурсов (лесо-, сельскохозяйственные, водные, минеральные и др.);

- хозяйственно-промышленные объекты (предприятия и организации, в том числе лесхозы, лесничества, дачи, сельскохозяйственные предприятия и комплексы);

- административные и хозяйственные границы (государственные, региональные, районные, территории лесосырьевых баз, лесничеств, арендаторов леса; различные виды сельскохозяйственных угодий и др.).

В классификации инженерно-хозяйственных карт как перспективного направления развития картографии в настоящее время выделились такие отраслевые виды, как инженерно-геологические, инженерно-гидрологические, инженерно-сельскохозяйственные, инженерно-экологические, инженерно-ландшафтные (природохозяйственные), инженерно-лесохозяйственные карты и др. Две последние разновидности наиболее интересны и содержательны с позиции количественного и качественного учёта лесных ресурсов.

В качестве примера рассмотрим количественный и качественный учёт лесных ресурсов по природохозяйственной карте Иркутского района Иркутской области [6], изданной в 2003 году. Данная карта, относящаяся к районным картам, создана на точной картографической основе с использованием ведомственных материалов, ранее изданных карт (по состоянию на 2003 год), литературных источников и космической информации. Информационная справка карты указывает на то, что карта может быть использована при текущем руководстве и перспективном планировании, при оценке природных ресурсов района в целях их рационального использования, при планировании и разработке природоохранных мероприятий.

Поскольку данная карта исполнена только в бумажном варианте, то определение по ней количественных и качественных показателей для учёта лесов можно проводить с применением графоаналитических приёмов анализа карт. К таким приёмам, считающимся наиболее тщательно и подробно разработанными в картографическом методе исследования, относятся картометрия и морфометрия.

Методы картометрии позволяют непосредственно измерять такие показатели, как длины прямых и извилистых линий, расстояния, площади и другие

подобные величины. В свою очередь, морфометрия занимается расчётом показателей формы и структуры объектов. По отношению к залесённым территориям наиболее употребительны следующие группы показателей и коэффициентов: плотность, концентрация, густота, однородность и неоднородность.

В соответствии с хозяйственным и экологическим значением лесов, выполняемыми ими функциями, лесной фонд на природохозяйственной карте разделён на три группы. Наиболее распространёнными являются леса первой группы, выполняющие преимущественно водоохранные, защитные и социальные функции. По состоянию на год издания карты, на долю лесов первой группы приходится 603,1 тыс. га (81,9% площади земель лесного фонда Иркутского района). В местах с недостаточными лесными ресурсами, развитой сетью наземных транспортных путей, высокой плотностью населения расположились леса второй категории, их общая площадь составляет 123,4 тыс. га, или 16,8% площади земель лесного фонда Иркутского района. Такие леса выполняют водоохранную, защитную, санитарно-гигиеническую, оздоровительную и иные роли и ограничены с точки зрения эксплуатации. 1,3% лесного фонда района — 9,9 тыс. га — выделено на удовлетворение потребностей человека в древесине. Распределение лесов Иркутского района по функциям на основе данных, полученных по природохозяйственной карте, показано в виде диаграммы (см. рисунок 1).

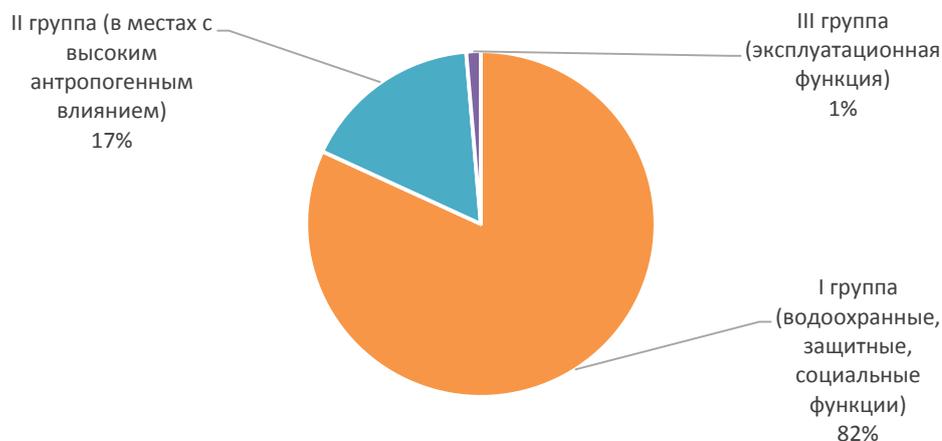


Рисунок 1. Диаграмма распределения лесного фонда Иркутского района по функциям согласно данным природохозяйственной карты (по состоянию на 2003 год)

Распределение лесов Иркутского района по возрастным группам неравномерное. Молодняки занимают 16% лесопокрытой площади, средневозрастные деревья — 42%, приспевающие — 14%, а спелые и перестойные леса произрастают на 28% покрытых лесом земель (192,5 тыс. га), из которых в рубки главного пользования может быть вовлечено лишь 31% древостоев, достигших возраста спелости (59,5 тыс. га) в силу большой экологической значимости лесов региона. Данное распределение тоже отображено в виде диаграммы (см. рисунок 2).

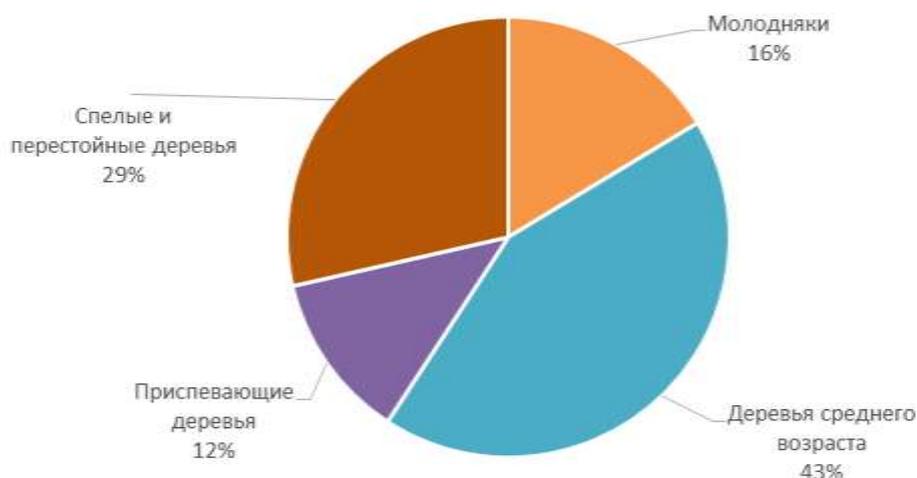


Рисунок 2. Диаграмма распределения лесного фонда Иркутского района по возрастным группам согласно данным природохозяйственной карты (по состоянию на 2003 год)

Несомненно, удобнее применять картометрические и морфометрические приёмы в среде ГИС путём языка запросов. Создание электронных инженерно-хозяйственных карт является перспективным направлением картографической науки, техники и производства. ГИС способна хранить информацию о реальном мире в виде набора тематических слоёв, которые объединены на основе положения в пространстве тех или иных объектов. При послойной организации информации без проблем можно получать ответы как на простые вопросы, например, «Какова площадь лесов первой категории в границах Иркутского района?», — так и на сложные, требующие дополнительного анализа: «Каков основной тип почв под сосновыми лесами Иркутского района?» и т.п. [7].

Для применения инженерно-хозяйственных карт при учёте лесных ресурсов важно помнить, что карты корректно отражают действительность лишь на тот момент, на который были актуальны исходные данные для составления этой карты. Топографические карты, используемые в качестве картографической основы при инженерно-хозяйственном картографировании, обладают высокой степенью обобщённости и генерализованности изображения, и помимо этого довольно редко обновляются. Обобщение качественных характеристик на топокартах происходит за счёт сокращения различий объектов, что всегда связано с обобщением и укрупнением классификационных признаков, с переходом от простых понятий к сложным. Например, на обзорных картах вместо показа преобладающих древесных пород (как это принято на крупномасштабных топографических картах) дают собирательный знак леса.

Более ценным и современным источником данных о количественном, качественном составе лесов при составлении инженерно-хозяйственных карт являются данные дистанционного зондирования Земли из космоса [8]. Вопрос обработки космических снимков изучается в настоящее время особо тщательно и

подробно, созданы программные продукты для синтезирования многоканальных снимков и альбомы для удачных комбинаций каналов в зависимости от желаемого результата. Возможности по обновлению информации раз в пол месяца (по данным со спутника Landsat 8) с достаточным для отображения лесов пространственным разрешением доступны каждому человеку, имеющему доступ в Интернет.

По данным, предоставленным Е.Л. Макаренко в издании [9], площади вырубаемой древесины, как и объёмы заготовленной древесины, в Иркутской области с 2000 год по 2016 год выросли соответственно в 2 и 1,8 раза — до 184,8 тыс. га и 34,2 млн м³ (26,9% от общероссийского показателя). Однако объёмы лесовосстановительных работ росли не столь высокими темпами — всего в 1,2 раза. В подобных условиях неоспоримым является вопрос своевременного количественного и качественного учёта лесных ресурсов, и инженерно-хозяйственное картографирование может сыграть ключевую роль в рационализации процессов воздействия природы и общества на лесные ресурсы, которые хоть и относятся к категории возобновляемых природных ресурсов, но требуют к себе взвешенный и оптимальный подход при использовании их в хозяйственных целях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Добровольский В.К., Барский В.Г., Кукушкин Г.Я. и др. Лес и современное природопользование. — М.: Агропромиздат, 1986. — 207 с.
2. Лесной кодекс РФ от 04.12.2006 N 200-ФЗ (ред. от 27.12.2018).
3. Пластинин Л.А., Ступин В.П. Картографо-космический мониторинг зоны воздействия водохранилищ Ангарского каскада. — Иркутск: Изд-во ИРННТУ, 2018. — 188 с.
4. Берлянт А.М., Востокова А.В., Кравцова В.И. и др. Картоведение. — М.: Аспект Пресс, 2003. — 477 с.
5. Зверева Л.А. Мониторинг и кадастр природных ресурсов. — Брянск: Брянский ГАУ, 2018. — 67 с.
6. Природохозяйственная карта Иркутского района Иркутской области. — Иркутск: Изд-во ВостСиб АГП, 2003.
7. Раклов В.П. Географические информационные системы в тематической картографии. — М.: Академический проект, 2014. — 176 с.
8. Лимонов А.Н., Гаврилова А.А. Фотограмметрия и дистанционное зондирование. — М.: Академический проект, 2016. — 296 с.
9. Географическая энциклопедия Иркутской области. Общий очерк. / Ред. Корытный Л.М. — Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2017. — 336 с.

© П.А. Фёдоров, 2019

УДК 628.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ЕСТЕСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ УТИЛИЗАЦИИ КОЛЛОИДНЫХ ОСАДКОВ ШЛАМ-ЛИГНИНА

Андрей Викторович Богданов

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, профессор кафедры обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды им. С.Б. Леонова, доктор технических наук, профессор, e-mail bogdanovav@istu.edu

Анастасия Сергеевна Шатрова

Иркутский национальный исследовательский технический университет», Россия, г. Иркутск, кандидат технических наук, научный сотрудник, e-mail unicorn1990@rambler.ru

Анна Ивановна Шкрабо

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, научный сотрудник, e-mail bogdanov.lab@istu.edu

Галина Геннадьевна Попова

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, магистрант гр. ЭКОмз-18, e-mail galpina@mail.ru

Аннотация статьи. Накопленные коллоидные осадки шлам-лигнина ОАО «Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат» объемом более 8 млн. м³, складированные в картах-накопителях занимают более 140 га, наносят огромный вред объектам окружающей среды и могут стать причиной социально-экологической катастрофы озера Байкал. В статье рассмотрены результаты исследований по интенсификации естественных процессов утилизации коллоидных осадков шлам-лигнина ОАО «Байкальский ЦБК» включая осушение, вымораживание и самозаращение коллоидных осадков шлам-лигнина в картах-накопителях. Установлено, что в процессе естественного вымораживания осадков изменяются их физико-химические свойства и снижается токсичность с третьего (умеренно опасные) в пятый (практически неопасные) класс опасности, что делает возможным использование вымороженного осадка шлам-лигнина для получения почвогрунта, который может быть использован в технической и биологической рекультивации отработанных карьеров, откосов дорожного полотна, восстановлении лесополос (компост) и другом применении. По сравнению с другими, ранее проведенными исследованиями в статье отражена возможность применения интенсификации естественных процессов утилизации коллоидных осадков шлам-лигнина, что позволит не только утилизировать данные многотоннажные отходы, но и получить ценный продукт – почвогрунт.

Ключевые слова: ОАО «Байкальский ЦБК», шлам-лигнин, утилизация, почвогрунт, интенсификация естественных процессов.

RESEARCH OF INTENSIFICATION OF NATURAL PROCESSES OF RECYCLING COLLOIDAL WASTE OF SLUDGE-LIGNIN

Andrei V. Bogdanov

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: bogdanovav@istu.edu

Anastasiya S. Shatrova

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: unicorn1990@rambler.ru

Anna I. Shkrabo

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: bogdanov.lab@istu.edu

Galina G. Popova

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: galpina@mail.ru

Accumulated colloidal waste of sludge-lignin of Baikal Pulp and Paper Mill with a volume of more than 8 million m³ cause great damage to environmental objects and occupy more than 140 hectares. These wastes can cause a social and ecological catastrophe of Lake Baikal and the entire Baikal region. This article discusses the results of studies on the intensification of the natural processes of utilization of colloidal waste of sludge-lignin Baikal Pulp and Paper Mill including drainage, freezing and self-growth of colloidal sludge-lignin in storage cards. It was established that in the process of natural freezing of sediments, their physicochemical properties change and toxicity decreases from the third (moderately hazardous) to the fifth (practically non-hazardous) hazard class, which makes it possible to use frozen sediment of sludge-lignin to obtain soil, which can be used in technical and biological reclamation of spent quarries, slopes of the roadway, restoration of forest belts (compost) and other applications. Compared with other previous studies, the article reflects the possibility of using the intensification of the natural processes of utilization of colloidal waste of sludge-lignin, which will allow not only to utilize these large-tonnage waste, but also to obtain a valuable product -fertile soil.

Key words: “Baikal Pulp and Paper Mill”, sludge- lignin, utilization, fertile soil, intensification of natural processes

Введение. В указе [1] Президента Российской Федерации № 176 от 19.04.2017 г. «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» сказано, что ежегодно на территории РФ образуется 4 млрд т отходов. При этом перерабатывается около 40 %. Свыше 30 млрд т отходов накоплено в результате прошлой хозяйственной деятельности. По итогам инвентаризации территорий РФ к 2017 году выявлено 340 объектов, причиняющих вред окружающей среде и являющихся источником потенциальной угрозы жизни и здоровью 17 млн чел. При этом осадки физико-химической очистки сточных вод предприятий целлюлозно-бумажной промышленности (ЦБП), представленные, как правило, коллоидными осадками шлам-лигнина, вносят огромный вклад в основную массу отходов, которые к настоящему времени не удалось утилизировать. Одним из таких примеров являются накопленные осадки прошлых лет Иркутской области - ОАО «Байкальский ЦБК» (ОАО «БЦБК»), г. Байкальск и группы «ИЛИМ» г. Братск и Усть-Илимск, Республики Бурятия - ОАО «Селенгинский ЦКК», п. Селенгинск.

Стоит отметить, что по результатам проверки исполнения законодательства по сохранению озера Байкал и его экологическому оздоровлению 12 сентября 2019 года Президент Российской Федерации утвердил следующие поручения в целях ликвидации накопленного вреда окружающей среде в результате

деятельности ОАО «Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат» до 1 января 2020 г.:

- провести конкурсные процедуры, направленные на выбор и реализацию лучших мировых технологических решений по утилизации и обезвреживанию отходов, в том числе предусмотрев возможность участия иностранных компаний, имеющих опыт в данной сфере;

- утвердить перспективный проект развития территорий находящегося в процедуре банкротства ОАО «Байкальский целлюлозно-бумажный комбинат».

Накопленные опасные отходы ОАО «БЦБК» находятся в непосредственной близости от населенных пунктов и четырехстах метрах от озера Байкал, при этом район их расположения относится к селе и сейсмоопасным территориям [2,3].

Таким образом, разработка экологически безопасной технологии комплексной переработки осадков шлам-лигнина, которая базируется на принципах наилучших доступных технологий, при обращении с отходами, является крайне актуальной задачей для всего Байкальского региона.

Независимо от выбора концепции и технологии ликвидации накопленного ущерба от отходов карт-накопителей ОАО «БЦБК» для снижения технико-экономических затрат проекта в любом случае необходимо уменьшить такой огромный объем осадка и улучшить его качественные характеристики. В сложившейся в настоящее время ситуации наиболее перспективным направлением является технология, заключающаяся в круглогодичном сезонном проведении инженерно-мелиоративных, агротехнических работ направленных на создание оптимальных условий интенсификации протекания природных процессов осушения, вымораживания и самозарастания карт без использования затратных энергоемких технологий.

Методы исследований. С января по сентябрь 2019 г. ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» и МУП КОС г. Байкальска были проведены совместные опытно-промышленные испытания на Солзанской промплощадке ОАО «БЦБК» по вымораживанию коллоидного осадка шлам-лигнина и получению почвогрунта. При проведении исследований вымороженного коллоидного осадка шлам-лигнина был использован комплекс физико-химических методов анализа (электронно-микроскопический анализ, спектральный анализ, термический анализ), применены методы биотестирования. Исследования выполнены в аккредитованной лаборатории экологического мониторинга природных и техногенных сред ФГБОУ ВО «ИРНИТУ» РОСС RU.0001.518897 с применением аттестованных методик ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98 «Количественный химический анализ почв. Методика выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой» и ПНД Ф 16.1:2.2:2.3:3.36-02 «Количественный химический анализ почв. Методика измерений валового содержания кадмия, кобальта, марганца, меди, никеля, свинца, хрома и цинка в почвах, донных отложениях, осадках сточных вод и отходах методом пламенной атомно-абсорбционной спектрометрии».

Для оценки возможности использования вымороженного осадка шлам-лигнина в качестве почвогрунта на Солзанской промплощадке ОАО «БЦБК» было выбрано четыре деляны, имеющие следующий состав: первая деляна (контроль) – вымороженный осадок шлам-лигнина; вторая деляна – вымороженный осадок шлам-лигнина и отработанный активный ил КОС г. Байкальска в соотношении (4:1); третья деляна - вымороженный осадок шлам-лигнина, отработанный активный ил КОС г. Байкальска и золы ТЭЦ с карты №11 ОАО «БЦБК» в соотношении 4:1:1; четвертая деляна - отработанный активный ил КОС г. Байкальска. На каждую деляну было высажено по три разных культуры: фацелия (лат. *Phacelia*), овес посевной (лат. *Avena sativa*) и горчица (лат. *Sinapis*), рис. 1.



Рисунок 1. Опытные деляны выращивания различных с/х культур на полученном почвогрунте из вымороженного осадка шлам-лигнина и осадка КОС г. Байкальск. Июль 2019 г.

Результаты. Установлено, что в процессе естественного вымораживания-оттаивания коллоидных осадков шлам-лигнина выделяется три фракции: деминерализованная вода – до 25 %, которая по своему составу близка к пресной воде; минерализованная вода – до 15 % и деструктурированный коллоидный осадок – до 60 %, который по своей консистенции переходит от пластичной массы в гранулированное состояние [4]. Вымораживание осадка также приводит к разрушению его коллоидной структуры и уменьшению объема, в зависимости от его состава, на 40-50 %, влажности до 40%, при этом существенно изменяются и его физико-химические свойства (табл. 1) и снижается токсичность с третьего (умеренно опасные) в пятый (практически неопасные) класс опасности.

Качественные показатели осадков карт-накопителей ОАО «БЦБК» до и после вымораживания

Показатель (усредненные значения)	Объект исследований			
	карты № 4-7 (шлам-лигнин, золы ТЭЦ)		карты № 2-3, 8-10 (шлам-лигнин)	
	до вымораживания	после вымораживания	до вымораживания	после вымораживания
Влажность, %	62	49	86	48
Константа влагоотдачи	6,8	7,6	5,3	7,9
Уменьшение объема осадка (после декантации), %	–	26,4	–	48,3
ζ-Потенциал поверхности осадка, мВ	–26,4	–11,6	–34,1	–10,1
Удельное сопротивление фильтрации осадка, см/м ³ ·10 ³	14	2,8	74	5,3

Испытания по получению почвогрунта из вымороженного в естественных условиях коллоидного осадка шлам-лигнина ОАО «Байкальский ЦБК» показали, что для получения почвогрунта в качестве добавки наилучшие результаты достигаются с вымороженным шлам-лигнином и активным илом КОС г. Байкальска (вторая деляна) (рис.1), на данной деляне наблюдается интенсивный рост всех высаженных культур, на остальных делянах также наблюдается рост культур, однако, менее выраженный. На контрольной деляне (исходный вымороженный осадок шлам-лигнина) наблюдается снижение интенсивности роста растений из-за недостатка необходимых элементов, таких как фосфор и азот, которые восполняются при добавлении отработанного активного ила.

Обсуждение. Опытные-промышленные испытания показали, что интенсификация естественных процессов утилизации коллоидных осадков шлам-лигнина является крайне эффективным методом решения проблемы ликвидации последствий негативного воздействия ОАО «Байкальский ЦБК» на объекты окружающей среды. При этом остро стоит проблема не только утилизации данных отходов, но и рекультивации земель, нарушенных в ходе работы предприятий ЦБП, ведь в настоящее время огромные земельные площади заняты отходами, которые не удалось утилизировать. Например, на берегу Байкала более 150 га занято промплощадкой ОАО «БЦБК» и более 120 га ОАО «СЦКК». На стадии технической рекультивации возможно проведение инженерно-мелиоративных мероприятий по улучшению свойств коллоидных осадков шлам-лигнина карт-накопителей. К таким мероприятиям можно отнести осушение коллоидных осадков посредством слива дождевых вод с их поверхности на локальные модульные очистные сооружения и далее в пруды-аэраторы, также возможно обустройство дренажной системы. Интенсифицировать способ естественного вымораживания в картах-накопителях можно посредством прокладки траншей на глубину залегания уплотненного осадка по

всей длине карт, при этом извлеченный из траншей осадок должен складироваться на борт между траншеями.

Наиболее приемлемым видом биологической рекультивации трудоемких техногенных участков является естественное самозаращение [5]. Проведенными на ряде полигонов исследованиями доказана возможность успешного естественного зарастания техногенных земель после проведения горнотехнической рекультивации с землеванием и без землевания. Это позволяет оставлять под естественное зарастание полигоны, удаленные от населенных пунктов, после проведения минимального объема горнотехнической рекультивации, что обеспечивает существенную экономию труда и средств.

Вымороженный деструктурированный коллоидный осадок шлам-лигнина по своим характеристикам соответствует отходу ФККО 7 20 000 00 00 0 «Отходы при сборе и обработке сточных вод, вод систем оборотного водоснабжения» и, согласно, ГОСТ 54534-2011 «Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при использовании для рекультивации нарушенных земель», ГОСТ Р 54651-2011 «Удобрения органические на основе осадков сточных вод. Технические условия» может быть использован в технической и биологической рекультивации отработанных карьеров, откосов дорожного полотна, восстановлении лесополос (компост) и другом применении, в соответствии со своим назначением. Поэтому, для того, чтобы интенсифицировать процесс самозаращения возможно получение из уже вымороженного коллоидного осадка шлам-лигнина почвогрунта, который соответствует ГОСТ 54534-2011 «Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при использовании для рекультивации нарушенных земель».

Заключение. Таким образом, опытно-промышленные испытания показали, что интенсификация протекания естественных природных процессов – крайне эффективный способ комплексной утилизации накопленных коллоидных осадков шлам-лигнина ЦБП. Интенсификация естественных процессов вымораживания коллоидных осадков шлам-лигнина позволяет улучшить их физико-химические свойства и снизить токсичность с третьего в пятый класс опасности, что делает возможным использование вымороженных осадков в качестве материала для получения почвогрунта, который способен интенсифицировать процесс самозаращения карт-накопителей в естественных условиях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Российская Федерация. Указы. О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года: [указ: утвержден президентом РФ 19 апр. 2017 г. N 176]. – М.: Собрание законодательства Российской Федерации. 2017. - N 17, ст. 2546.
2. Богданов, А.В., Федотов К.В., Качор О.Л. Развитие научных и практических основ технологий комплексной переработки осадков карт-шламонакопителей: - монография, Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2009. -203 с.
3. Шатрова А.С. Разработка экологически безопасной технологии переработки накопленных коллоидных осадков шлам-лигнина ОАО "Байкальский ЦБК" // диссертация ... кандидата технических наук: 05.21.03 // Шатрова Анастасия Сергеевна: [Место защиты: ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева»], 2018, 150 с.

4. Богданов А.В., Шатрова А.С., Тюкалова О.В., Шкрабо А.И. Экологически безопасная технология переработки накопленных коллоидных осадков шлам-лигнина ОАО «Байкальский ЦБК // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. – 2018. – Т. 8, № 3. - С. 99-107

5. Ялтанец И.М., Леванов Н.И. Справочник по гидромеханизации открытых горных работ. - М.: Изд-во МГГУ, Мир горн. кн., 2008. – 661 с.

© А.В. Богданов, А.С. Шатрова, А.И. Шкрабо, Г.Г. Попова, 2019

УДК 631.372

СНИЖЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ИЗДЕЛИЙ

Нина Ивановна Туманова

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ), Россия, г. Владимир, доцент, e-mail: nitumanova@mail.ru

Аннотация статьи. В статье анализируется технологический процесс производства изделий из полиуретановых эластомеров с целью определения вредных веществ, содержащихся в газовых выбросах в атмосферу. На основании проведенных инструментальных исследований воздуха из рабочей зоны оцениваются количественные параметры вредных веществ в выбросах и их воздействие на человека.

Проводится сравнительный анализ способов газоочистки загрязненных воздушных потоков. Предлагается использование для промышленной системы очистки установка, основанная на комбинированном воздействии объёмного барьерно-стримерного разряда, озона высокой концентрации и каталитического воздействия на молекулы газообразных загрязнений. Анализируются этапы очистки загрязненного воздуха и обосновывается вывод об уменьшении экологической нагрузки на окружающую среду.

Ключевые слова: полиуретановые эластомеры, загрязняющие вещества, экологическая нагрузка, газоочистка.

REDUCTION OF ENVIRONMENTAL IMPACT ON THE ENVIRONMENT IN THE PRODUCTION OF POLYURETHANE PRODUCTS

Nina I. Tumanova

Vladimir state University named after Alexander Grigoryevich and Nikolai Grigoryevich Stoletov (VISU), Vladimir, Russia, e-mail: nitumanova@mail.ru

Abstract of the article. The article analyzes the technological process of production of products made of polyurethane elastomers in order to determine the harmful substances contained in gas emissions into the atmosphere. On the basis of instrumental studies of air from the working area, quantitative parameters of harmful substances in emissions and their impact on humans are estimated.

The comparative analysis of methods of gas purification of polluted air flows is carried out. It is proposed to use for industrial cleaning system installation based on the combined effect of volumetric barrier-streamer discharge, ozone of high concentration and catalytic action on the molecules of gaseous contaminants. The stages of purification of polluted air are analyzed and the conclusion about reduction of ecological load on environment is proved.

Key words: polyurethane elastomers, pollutants, environmental load, gas cleaning.

Введение. Полиуретаны в современном мире играют важную роль, исключить их из жизни человечества нереально. Широкое применение изделий из полиуретановых эластомеров обусловлено их физико-механическими свойствами: высокой твердостью, способностью работать при высоких нагрузках, повышенной износостойкостью. Однако производство изделий из полиуретановых эластомеров сопряжено с рядом особенностей, которые имеют принципиальное

значение для обеспечения безопасных комфортных условий труда и уменьшения экологической нагрузки на окружающую среду.

Методы исследований. Анализ структурно-логической схемы технологического процесса производства изделий из полиуретановых эластомеров показывает, что при подготовке сырья, приготовлении композитов, создании вакуума, заливке и отверждении изделий в газовых выбросах в атмосферу поступают толуилендиизоцианат (ТДИ), дибутилфталат. Инструментальные исследования воздуха рабочей зоны, представленные в табл. 1, показывают, что содержание толуилендиизоцианата, относящегося к первому классу опасности [1], превышает предельно допустимую концентрацию (ПДК) 0,05 мг/м³. Превышение ПДК имеет место по содержанию в воздухе рабочей зоны дихлор диаминодифенилметана.

Таблица 1

Инструментальные исследования выбросов загрязняющих веществ при производстве изделий из полиуретановых эластомеров

Наименование вещества	ПДК, мг/м ³	Фактическое содержание, мг/м ³	Валовые выбросы от объекта	
			технологических	вентиляционных
Толуилендиизоцианат	0,05	0,150	0,4340	0,1987
Дихлор диаминодифенилметан	0,7	2,03	0,7530	0,000168
Бутиловый спирт	0,1	0,08	-	0,72
Метилен хлористый	8,8	7,9	-	6,6744

Обсуждение. В выбросах содержится толуилендиизоцианат - высокотоксичное химическое соединение. Оно вызывает желудочно-кишечное раздражение, образование язвы. Характерна острая дермальная токсичность, сильное раздражение кожного покрова. Может вызвать аллергическую реакцию кожного покрова. Привести к респираторной сенсibilизации. Избыточное воздействие ТДИ способно вызвать серьезное раздражение верхних дыхательных путей и легких, образование жидкости в легких, долговременное снижение легочной функции, неврологические расстройства, подавление холинэстеразы, как симптома снижение функции печени. Приводит к серьезным повреждениям/раздражениям глаз, роговицы.

С целью уменьшения экологической нагрузки на окружающую среду вентиляционные выбросы, содержащие загрязняющие вещества, должны проходить очистку.

Существует ряд технологий очистки воздуха от толуилендиизоцианата (ТДИ) и органических газов: поглотительная (с активированным углем), скрубберы (с поглощением в жидкость), биоочистка, дожигание, каталитическая, фотокаталитическая и газоразрядно-каталитическая [2]. Сравнительный анализ технологий очистки загрязненного воздуха представлен в табл. 2.

Анализ способов газоочистки загрязненных воздушных потоков

Способы очистки	Особенности реализации
Химический	Необходимость синтеза и подачи реагентов, утилизация продуктов реакции
Сорбционный	Необходимость замены (периодической или поточной) сорбента, утилизация (восстановление) использованного сорбента.
Биологический	Низкая производительность, высокая чувствительность к составу очищаемого воздуха, необходимость утилизации продуктов очистки.
Электростатический	Основная цель – удаление пыли, дыма и аэрозолей из очищаемого воздуха. Очистка газов только как побочный процесс с эффективностью не более 10-15%
Каталитический	Требует больших энергетических затрат для создания высоких температур в зоне катализа, требует большого количества катализатора для обеспечения необходимой производительности.
Фотокаталитическое окисление	Применение ламп с содержанием ртути, высокая зависимость степени очистки от содержания не газообразных загрязнений, низкая производительность. Для стандартных изделий не превышает 500-800 м ³ /ч

Особый интерес представляет отечественная разработка военно-космической отрасли, не имеющая мировых аналогов, реализованная в газоконверторе «Ятаган».

Принцип действия промышленной системы очистки газов «Газоконвертор Ятаган» основан на комбинированном воздействии объёмного барьерно-стримерного разряда, озона высокой концентрации и каталитического воздействия на молекулы газообразных загрязнений.

Очистка загрязненного воздуха в газоконверторе «Ятаган» проходит в несколько этапов:

– предварительное фильтрование загрязненного воздуха от пыли и аэрозолей;

– далее загрязненный воздух проходит через ячейки газоразрядной секции, где подвергается несколько раз воздействию барьерно-стримерного разряда высокой частоты до 500 Гц и напряжения до 10000 В. В результате происходит разрушение молекул загрязняющих веществ, образование озона из кислорода воздуха и глубокое каталитическое окисление ионизированных составляющих молекул загрязняющего вещества образовавшимся озоном до CO₂ и H₂O. При этом особенности параметров разряда и газоразрядных ячеек исключают образование промежуточных составляющих разложения и окисления загрязняющих веществ;

– в каталитической секции идет процесс глубокого окисления веществ и удаление избыточного озона из очищенного воздуха. Озон почти полностью разлагается и его концентрация на выходе не превышает предельно допустимых концентраций

Заключение. Для уменьшения экологической нагрузки на окружающую среду эффективным средством является очистка загрязненного воздуха с помощью газоконверторов «Ятаган», когда на выходе имеем практически чистый воздух. Следует отметить низкую чувствительность газоконверторов к концентрации загрязняющего вещества в очищаемом воздухе (1000 мг/м^3); очень малое энергопотребление не более $0,12-0,15 \text{ Вт/м}^3$. Образовавшиеся реагенты не требуют утилизации, образовавшаяся вода в виде пара выходит с очищенным воздухом. Образовавшийся озон расходуется на окисление внутри установки, почти полностью разлагается в каталитической секции, его концентрации в очищенном воздухе не превышают ПДК. Степень очистки достигает 99.9%

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Паспорт безопасности. DOW EUROPE GMBH. Название продукта: VORANATE™ T-80 Type I TDI, 2018

2. Очистка и снижение выбросов загрязняющих веществ в атмосферу: [Электронный ресурс]// Информационный портал URL: https://www.saveplanet.su/tehn_322.html (дата обращения: 14.11.2019).

© Н.И. Туманова, 2019

УДК 502.36:676.08

РЕМЕДИАЦИЯ ЗЕМЕЛЬ, ПОДВЕРЖЕННЫХ ВЛИЯНИЮ МЫШЬЯКОВИСТЫХ ОТХОДОВ

Н.В. Чайка

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, г. Иркутск, ведущий инженер, e-mail odu38@mail.ru

Ольга Леонидовна Качор

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, доцент кафедры обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды им. С.Б. Леонова, доктор технических наук, e-mail olgakachor@gmail.com

Аннотация статьи. В статье рассматривается одно из возможных направлений ремедиации сельскохозяйственных и селитебных земель, загрязненных мышьяком и тяжелыми металлами. Представлен механизм действия разработанного органоминерального комплекса для ремедиации. Изучен минеральный состав, а также проведены исследования сорбционных свойств глины, залегающей на территории муниципального образования «г. Свирск» (МО «г. Свирск»), подверженного длительному загрязнению мышьяковистыми отходами. Выявлено, что глиняный слой, мощностью от 2 до 9 м на различных участках МО «г. Свирск», является значимым геологическим затвором от проникновения мышьяка и тяжелых металлов в нижележащие водоносные горизонты. Поэтому предложенное направление ремедиации земель, загрязненных мышьяком и тяжелыми металлами, с использованием разработанного органоминерального комплекса, может быть использовано в МО «г. Свирск».

Ключевые слова: мышьяк, загрязнение, сорбция, глина, геохимический барьер

REMEDICATION OF LANDS AFFECTED BY ARSENIC WASTE

N.V. Chaika

Institute of geography Siberian branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Leading engineer, e-mail: odu38@mail.ru

O.L. Kachor

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: olgakachor@gmail.com

The article considers one of the possible directions of remediation of agricultural and residential lands contaminated with arsenic and heavy metals. The mechanism of action of the developed organomineral complex for remediation is presented. The mineral composition was studied, and the sorption properties of clay in the territory of the Municipality of Svirsk (Municipality of Svirsk), which is subject to long-term contamination with arsenic waste, were studied. It has been revealed that the clay layer with the capacity from 2 to 9 m in different areas of the "Svirsk" municipal district is a significant geological gate from the penetration of arsenic and heavy metals into the underlying aquifers. Therefore, the proposed direction of remediation of arsenic and heavy metal contaminated lands with the use of the developed organomineral complex can be used in "Svirsk".

Keywords: arsenic, clay, pollution, sorption, geochemical barrier

Введение. В 2012 году была реализована масштабная работа по ликвидации очага загрязнения промплощадки Ангарского металлургического завода (АМЗ) в муниципальном образовании (МО) «г. Свирск» Иркутской области путем

обезвреживания и захоронения отходов в отработанных горных выработках, находящихся в 20 км от города. В 2013 году территория бывшей промплощадки АМЗ была рекультивирована [1]. Однако не смотря на ликвидацию источника, в связи с более чем семидесятилетним его воздействием на объекты окружающей среды, почва территории МО «г. Свирск» и прилегающих дачных садоводств общей площадью 25 км² до настоящего времени остается загрязненной. По результатам проведенных исследований выявлено, что максимальные валовые концентрации в поверхностном слое почвы по территории МО «г. Свирск» превышают нормативы по мышьяку в 9 раз, по меди в 2,7 раза, по цинку в 14,8 раза, а по свинцу в 10 раз.

Традиционными методами рекультивации земель, загрязненных мышьяком и тяжелыми металлами, является обезвреживание и фиторемедиация [2, 3]. В случае обезвреживания производится внесение химических реагентов в загрязненную почву с целью связывания поллютанта в труднорастворимые соединения. В результате валовая концентрация загрязняющих веществ остается исходной, а также при изменении условий окружающей среды есть вероятность частичного разрушения труднорастворимого соединения. В случае применения фиторемедиации загрязняющие вещества через корневую систему аккумулируются в биомассе растений [4]. В результате образуется значительный объем загрязненной биомассы растений, подлежащих утилизации, при этом на весь период рекультивации необходимо предотвратить доступ животных и людей к загрязненным растениям.

В связи с невозможностью применения традиционных методов рекультивации земель на значительной по площади МО «г. Свирск», был разработан способ инактивации мышьяка и тяжелых металлов за счет выведения их из плодородного слоя почвы органоминеральным комплексом с последующим их закреплением на природном сорбенте – глиняном затворе. Использование разработанного органоминерального комплекса для детоксикации земель загрязненных мышьяком и тяжелыми металлами приводит к увеличению подвижности токсикантов, с переходом из твердой почвенной среды в жидкую фазу и дальнейшей миграции в форме органических комплексов и мелкодисперсных взвесей, в виде трудно растворимых солей по почвенному профилю с их закреплением в глиняном слое.

Методы исследований. Большинство исследований проводилось в аккредитованной лаборатории экологического мониторинга природных и техногенных сред Иркутского национального исследовательского технического университета» № РОСС RU.0001.518897. Для получения результатов исследования были использованы следующие аттестованные методики: ПНД Ф 14.1:2:4.135-98 «Методика выполнения измерений массовой концентрации элементов в пробах питьевой, природных, сточных вод и атмосферных осадках методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой»; ПНД Ф 16.1:2.3:3.11-98 «Методика выполнения измерений содержания металлов в твердых объектах методом спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой». Рентгеноструктурный анализ проводился в ФГБУН «Институт геохимии им.

А.П. Виноградова СО РАН» на дифрактометре D8 Advance фирмы Bruker, оснащенный позиционно-чувствительным детектором VANTEC-1, при автоматическом режиме сбора данных.

Результаты. Для доказательства гипотезы о возможности закрепления мышьяка и тяжелых металлов на глиняном затворе были проведены соответствующие исследования. В процессе геоэкологического изучения территории получен набор скважин, по результатам которых, мощность слоя повсеместно залегающих средних и плотных суглинков колеблется от 2 до 7,5 м. Этот слой имеет преимущественно твердую консистенцию и довольно низкую величину естественной влажности (0,128-0,264), а доля пылеватых и глинистых фракций равна 47-54 %. В силу этого обстоятельства для этих суглинков свойственна весьма низкая водопроницаемость: величина коэффициента фильтрации менее 0,001 м/сут. При таком уровне проницаемости грунт считается водоупорным, что отчасти и играет роль барьера для проникновения токсичных элементов на глубину.

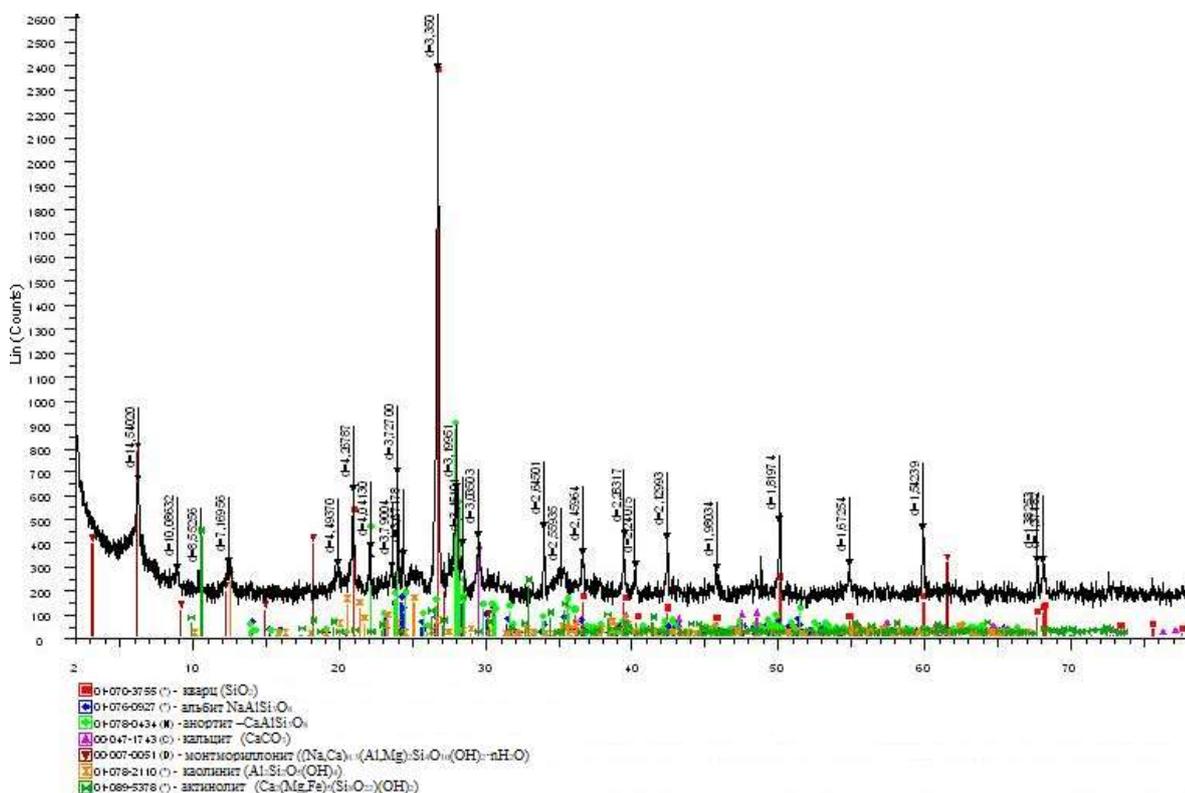


Рисунок 1. Рентген-дифрактограмма образца глины МО «г. Свирск»

Для определения минерального состава глины с глубины 1,0-1,2 м был проведен ее рентгеноструктурный анализ (рисунок 1), в результате которого были получены данные, что образец главным образом состоит из полевого шпата (фазы альбит-анортитового ряда $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ – $\text{CaAlSi}_3\text{O}_8$) ~ 34%, кварца (SiO_2) ~ 32%, монтмориллонита $((\text{Na,Ca})_{0.3}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O})$ ~ 12%, каолинита $(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4)$ ~ 6%, актинолита $(\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5(\text{Si}_8\text{O}_{22})(\text{OH})_2)$ ~ 3%.

Как видно из рисунка 1, почти равными сигналами обладают полевого шпат и кварц. На дифрактограмме эти соединения обозначены красным и синим цветами. Третьим по содержанию является монтмориллонит. При этом кварц и монтмориллонит имеют высокую сорбционную емкость [5]. Так по данным [6] сорбционная способность для кварца составляет 6,6 мг/г, монтмориллонит 8,9 мг/г, а для каолинита 3,8 мг/г.

Для экспериментального определения сорбционной емкости глины, залегающей на территории МО «г. Свирск», были проведены исследования образцов глин с глубины 1-1,5 м. В качестве исходного раствора, содержащего мышьяк и тяжелые металлы, была использована вытяжка, полученная путем отмывки мышьяковистых отходов с максимальной отмытой концентрацией $As=265$ мг/дм³, $Pb=164,3$ мг/дм³, $Cu=106,2$ мг/дм³, $Zn=147,8$ мг/дм³, которые в процентном соотношении близки к реальному содержанию этих компонентов в грунтах МО «город Свирск». Нами были проведены исследования по сорбции мышьяка и тяжелых металлов глиной в статических условиях в течение суток, после чего в фильтрате определялось количество мышьяка и тяжелых металлов.

По полученным данным для мышьяка и тяжелых металлов были построены изотермы сорбции (рисунки 2).

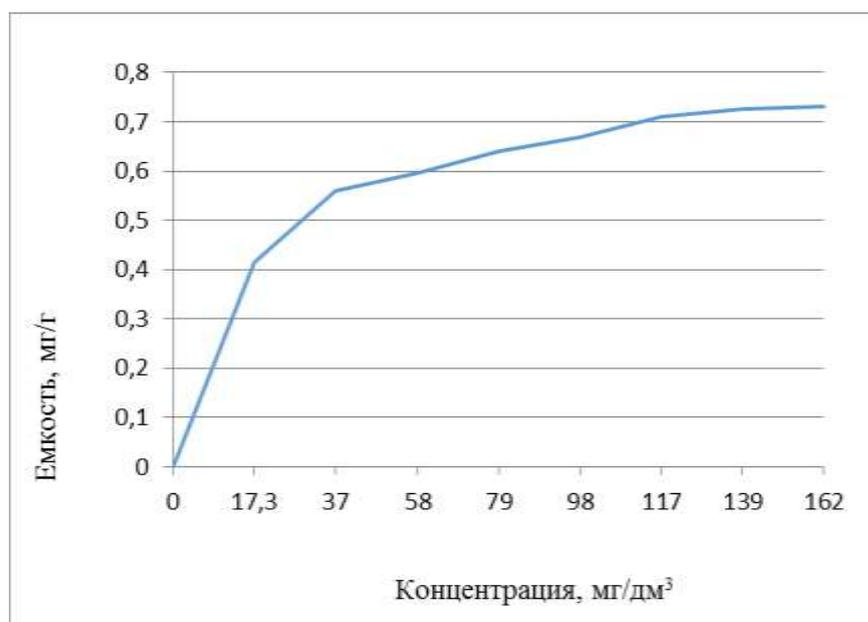


Рисунок 2. Изотерма сорбции мышьяка на глиняном затворе МО «г. Свирск»

По изотерме сорбции мышьяка (рисунок 2) можно установить емкость глины по отношению к сорбируемому компоненту, она составляет 0,73 мг/г.

Обсуждение. Зная сорбционную емкость глины МО «г. Свирск», залегающей на глубине от 0,6 м и имеющей мощность слоя от 2 до 9 м, а также количество загрязняющих компонентов в почвенном слое до 0,6 м этой территории, можно просчитать возможность сорбции всех загрязняющих веществ глиняным затвором. Теоретически возможная масса мышьяка, сорбируемая на глиняном

затворе МО «г. Свирск» в 34,6 раз больше, чем максимально реальное содержание мышьяка в почвенном слое глубиной до 0,6 м МО «г. Свирск».

Заключение. Таким образом, для ремедиации сельскохозяйственных и селитебных земель МО «г. Свирск», загрязненных мышьяком и тяжелыми металлами, возможно использование разработанного органоминерального комплекса, т.к. на территории расположения города установлено залегание мощного геохимического барьера - глиняного затвора мощностью от 2 до 7,5 м, обладающего достаточной сорбционной емкостью для закрепления на нем всех токсикантов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богданов А.В., Качор О.Л., Федотов К.В., Чайка Н.В. Ликвидация последствий деятельности мышьякового производства горно-перерабатывающей промышленности // Экология и промышленность России. - 2014. - №5. - С. 31–35.
2. Стом Д. И., Коновалов А.С., Богданов А.В., Шкрабо А.И. Возможность детоксикации модельных субстратов, загрязненных солями мышьяка, с помощью гуминовых препаратов // Вестник ИрГСХА. – 2012. - №50. - С. 81-86.
3. Яковичина Т.Ф. Обоснование выбора методов детоксикации почвы загрязненной тяжелыми металлами // Научные достижения биологии, химии, физики: сб. ст. по матер. XI междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск: СибАК. - 2012. – С. 87-91.
4. Ульрих Д.В., Тимофеева С.С. Фиторемедиация загрязненных почв и техногенных грунтов хвостохранилищ на территории меднорудных предприятий Южного Урала // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). - 2016. - № 3. - С. 341-349.
5. Соколова Т.А., Трофимов С.Я. Сорбционные свойства почв. Адсорбция. Катионный обмен: учебное пособие по некоторым главам химии почв. - Тула: Гриф и К, 2009. - 172 с.
6. Путилина, В. С., Галицкая И. В., Юганова Т. И. Адсорбция тяжелых металлов почвами и горными породами. Характеристики сорбента, условия, параметры и механизмы адсорбции: анализ. Обзор – Новосибирск : ГПНТБ СО РАН, 2009. – 155 с. – (Сер. Экология. Вып. 90).

© Н.В. Чайка, О.Л. Качор, 2019

УДК 551.1/4

ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ ГЕОСИСТЕМ ООО «РАЗРЕЗ ЧЕРЕМХОВСКИЙ» И ФИЛИАЛ «РАЗРЕЗ ТУЛУНУГОЛЬ» ООО «КОМПАНИИ ВОСТСИБУГОЛЬ»

Мария Ивановна Шестакова

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, доцент кафедры автоматизации и управления, e-mail: webwer@mail.ru

Аннотация статьи. В статье рассмотрены физико-географические условия развития геосистем Иркутско-Черемховской равнины, в состав которой входят угледобывающие предприятия ООО «Разрез Черемховский» и Филиал «Разрез Тулунуголь». Приведены основные показатели и особенности исследуемых территорий.

Ключевые слова: Иркутско-Черемховская равнина, рельеф, климат, гидрография, рекультивация земель, почва, растительность.

PHYSICAL AND GEOGRAPHICAL CONDITIONS OF DEVELOPMENT OF GEOSYSTEMS LLC «MINE CHEREMKHOVSKY» AND BRANCH «MINE TULUNUGOL» LLC «COMPANY VOSTSIBUGOL»

Mariia I. Shestakova

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia, e-mail: webwer@mail.ru

The article discusses the physical and geographical conditions for the development of geosystems of the Irkutsk-Cheremkhov plain, which includes coal mining enterprises LLC «Mine Chere-mkhovsky» and the Branch «Mine Tulunugol». The main indicators and features of the studied territories are given.

Key words: Irkutsk-Cheremkhov plain, relief, climate, hydrography, land reclamation, soil, vegetation.

Рельеф земной поверхности Иркутской области сложен и многообразен, что предопределено неоднородностью геологического строения, длительной и контрастной историей развития рельефа разных районов, сочетанием различных современных эндо- и экзогенных процессов.

Основной геоморфологический фон территории Иркутской области определяется преобладанием различных видов плато с подчиненным участием равнинного, низкогорного и плоскогорного рельефа.

На исследуемой территории выделено семь геоморфологических районов, относящихся к двум географическим областям – Средне-Сибирскому плоскогорью и Саяно-Байкальской горной системе. Иркутская область охватывает лишь часть плоскогорья, представленного различными типами плато, кряжами, равнинами и впадинами.

Угледобывающие предприятия ООО «Разрез Черемховский» и Филиал «Разрез Тулунуголь» находятся в Средне-Сибирской области пластово-денудационных плоскогорий в пределах Иркутской области на Иркутско-Черемховской равнине.

Иркутско-Черемховская равнина представляет собой краевой прогиб Средне-Сибирского плоскогорья, с характерным холмисто-увалистым рельефом. Плоские поверхности междуречий имеют абсолютную высоту 550—650 м. На северо-западе, в районе города Тулуна, высоты увеличиваются до 650—725 м. Ближе к горам Восточного Саяна вдоль рек располагаются болотистые равнины с абсолютными высотами 500—520 м. На дне долин крупных рек минимальные отметки падают до 400—420 м. Таким образом, относительные высоты составляют 120—150 м.

В Иркутско-Черемховской равнине, представлены отложения верхнего карбона, перми и нижнего триаса, налегающими на древний складчатый фундамент докембрийского возраста, также в пределах этой территории занимают пермотриасовые траппы, а в понижениях рельефа, совпадающих с древними тектоническими перегибами, развиты юрские отложения.

Трапповые плато отличаются большим разнообразием форм препарировки интрузий на междуречьях, а также порожистыми руслами рек. Плато, сложенные осадочными породами палеозоя, имеют обычную наклонную ровную поверхность, рассеченную глубокими долинами.

Современные экзогенные процессы рельефообразования обширной территории Средней Сибири исключительно разнообразны, но ведущими в морфогенезе являются флювиальные, склоновые и мерзлотные.

Регион входит в гумидную умеренную морфоклиматическую зону, которая по тектоно-геоморфологическим признакам делится на две провинции: Средне-Сибирскую равнину, плато и плоскогорий и Саяно-Байкальскую горную (рис. 1). Различия в их рельефе определяют разную роль гравитационной энергии и, следовательно, интенсивность процессов рельефообразования [18-19, 3].

В Средне-Сибирской провинции равнин, плато и плоскогорий выделены три области:

- I. Область Тунгусская перигляциально-гумидная плато.
 - II. Область Ангаро-Ленская гумидная равнин и плато.
 - III. Область Верхнеприангарская семигумидная равнин.
- Саяно-Байкальская горная провинция вмещает в себя:
- IV. Область Восточно-Саянская гумидно-перигляциальная.
 - V. Область Байкальская гумидно-перигляциальная.

Эти области разделены на 41 район, в пределах этих областей выделяют 15 районов по господству тех или иных главных рельефообразующих процессов и интенсивности их проявления.

Филиал «Разрез Тулунуголь» входит в область Ангаро-Ленской гумидной равнины и плато, в район Жуя-Мольбинского крипта, флювиальных и криогенных процессов слабой интенсивности. ООО «Разрез Черемховский» входит в область Верхнеприангарской семигумидной равнины, Тулунско-Качугского района склоновых водно-эрозионных, флювиальных и эловых процессов средней интенсивности.

Иркутская область обладает широким набором форм техногенного рельефа, обусловленного своим возникновением различными видами хозяйственной деятельности человека. В районах интенсивных геолого-разведочных работ,

добычи полезных ископаемых, промышленного и гражданского строительства широко распространены терриконы, карьеры, насыпи, отвалы вскрышных пород, шламовые поля, золохранилища и другие формы техногенного рельефа, особенно характерно для отдельных участков Иркутско-Черемховской равнины. Нередко подземные выработки могут приводить к просадкам и обрушениям горных пород. Все эти явления отражают характер экологического состояния территории области и требуют тщательного изучения.

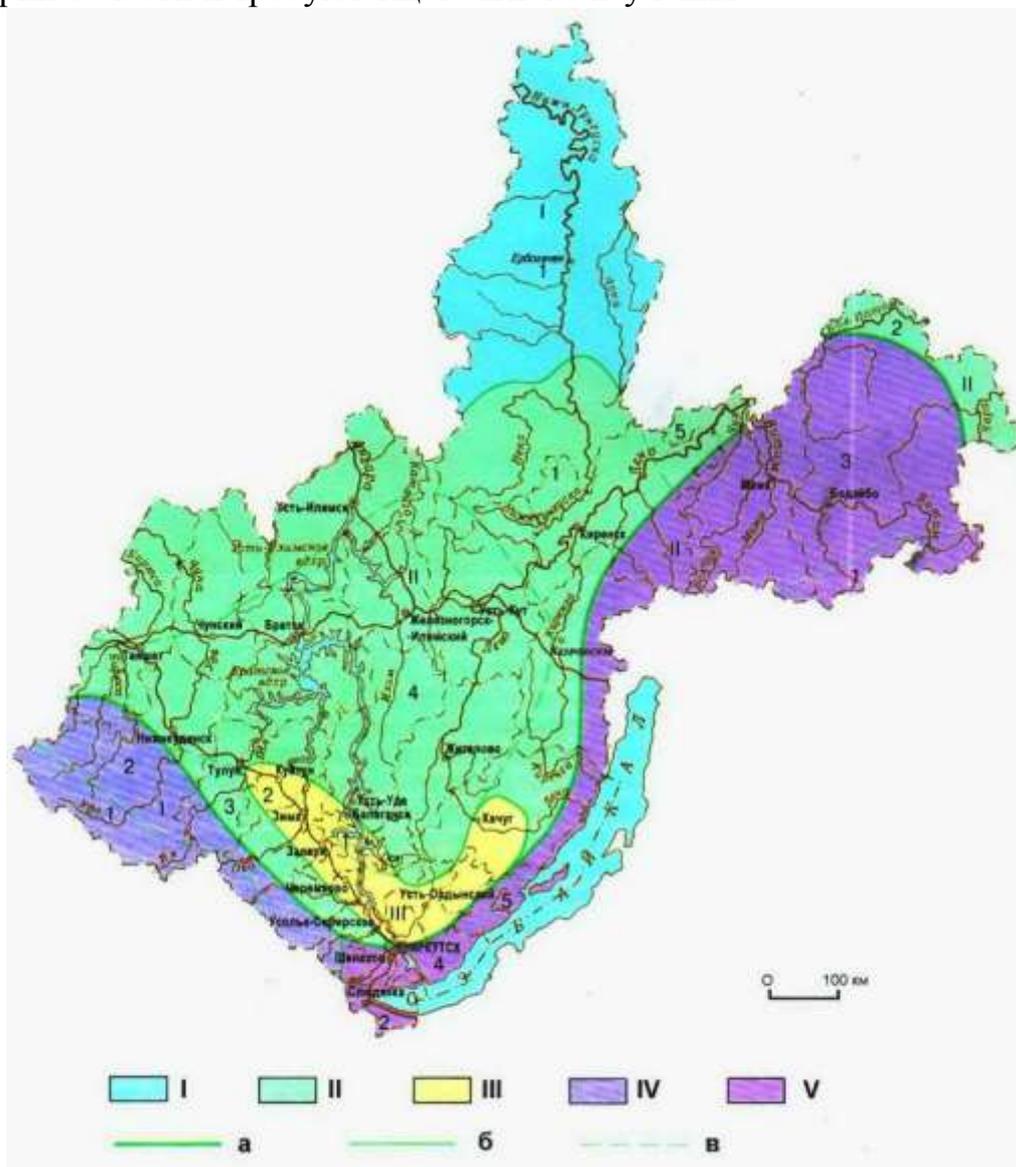


Рисунок 1. Районирование современных процессов рельефообразования

Климатические условия Иркутской области обусловлены ее внутриматериковым расположением, особенностями атмосферной циркуляции, поступающей солнечной энергией и многообразием подстилающей поверхности. В результате взаимодействия этих факторов формируется резко континентальный климат, который существенно отличается от менее контрастного климата территорий Европейской части России, расположенных на тех же широтах.

Для Иркутско-Черемховской равнины характерно оптимальным или близко к нему атмосферным увлажнением, лето умеренно теплое, а зима умеренно суровая снежная.

По территории Иркутской области речная сеть распределена неравномерно. Ее густота варьирует в больших пределах, но в среднем коэффициент густоты для большинства водосборов области составляет $0,5 \text{ км/км}^2$. Низкие значения густоты речной сети ($0,2-0,5 \text{ км/км}^2$) характерны для речной систем Иркутско-Черемховской равнины.

По химическому составу большинство водотоков принадлежит к гидрокарбонатному классу, группе кальция, соотношение основных ионов в течение года существенно не меняется. Преобладают маломинерализованные воды, иногда с высоким содержанием органических веществ. Самая низкая минерализация на всех реках территории отмечается, как правило, в период половодья и составляет $50-200 \text{ мг/л}$ [81-115, 1].

В структурном отношении Филиал «Разрез Тулунуголь» приурочен к артезианскому бассейну Иркутского и Ангаро-Ленского бассейнов соответственно II и I порядков.

Месторождения располагаются в платформенной части на северо-западе бассейна, в области, где юрские угленосные отложения подстилаются мощным комплексом терригенных осадков ордовика, прорванных траппами.

Подземные воды месторождений распространены во всех стратиграфических комплексах пород и подразделяются на: воды четвертичных отложений; воды юрских отложений; воды траппов.

Водоносный горизонт четвертичных отложений мощностью $2-10 \text{ м}$ залегает на глубине от $2-3$ до $8-10 \text{ м}$, не оказывая влияния на почвообразование. Увлажнение на водораздельных участках происходит за счет атмосферных осадков. Грунтовые воды близко подходят к дневной поверхности или выходят на нее по тальвегам логов, долинам рек и ручьев. Под их влиянием формируются болотные почвы.

В пределах месторождений вся толща юрских отложений общей мощностью от нескольких метров на периферии до $150-160 \text{ м}$ в центральной части месторождения условно разделена на три вмещающих комплекса пород: надугольный, угольный, подугольный.

Представляя собой мульдобразную складку со сложным контуром выходов угольных пластов под четвертичный покров, воды угольной толщи на периферии месторождения безнапорные или слабонапорные. По мере погружения угля напор содержащихся в них вод возрастает, достигая $30-49 \text{ м}$.

Подземные воды всех водоносных горизонтов по химическому составу относятся к гидрокарбонатно-кальциево-магниево-натриевым. Минерализация не превышает 1 г/л и воды пригодны для питьевого и технического водоснабжения.

ООО «Разрез Черемховский» расположен на водораздельном пространстве между реками Ангарой, Белой и Ноты. Общим базисом эрозии является р. Ангара, а юрские угленосные отложения распространены на $40-60 \text{ м}$ выше уровня воды в р. Ангаре.

В пределах поля разреза выделяются: водоносный горизонт четвертичных отложений; водоносный горизонт, приуроченный к угольным пластам и песчанникам междупластья; подземные воды кембрия.

Четвертичные отложения обводнены лишь в падах и логах. Как правило, обводненные их части залегают ниже выходов угольных пластов, поэтому на обводнение горных выработок влияния не окажут.

Водоносный горизонт юрских отложений имеет повсеместное распространение. Он безнапорный. Подошвой водоносного горизонта служат водонепроницаемые аргиллиты и глинистые породы заларинской свиты юрского возраста. Мощность водоносного горизонта колеблется от 9 до 29,7 м и в среднем составляет 18,0 м.

Подземные воды относятся к пресным, имеют гидрокарбонатный кальциевый или гидрокарбонатный магниевый состав. По величине минерализации и бактериологическими показателям подземные воды юрских отложений соответствуют ГОСТ-2874-82 «Вода питьевая», но по жесткости по отдельным пробам несколько превышают эти нормы.

Значительная протяженность Иркутской области с севера на юг определяет широтные изменения термического фактора и связанного с ним почвенно-растительного покрова. В структуре почвенного покрова также проявляется влияние экспозиции склонов, меридиональной, аридной горной зональности. Существенна роль мерзлоты, неоднородности почвообразующих пород, сложная эволюция ландшафтов в прошлом, изменение их в результате антропогенного воздействия.

Рассмотрим преобладающие типы и подтипы почв соответственно их современной классификации. Кроме часто встречающихся в других регионах кислых и средних, основных и карбонатных пород, выделяются красноцветные карбонатно-силикатные, отражающие специфику отложений и связанных с ними почв. По степени щебнистости выделяются слабощебнистые (на осадочных породах плоскогорья) и сильнощебнистые почвы (в горах). На плоскогорье к сильнощебнистым относятся почвы на трапах - породах, устойчивых к выветриванию, занимающих большие площади в пределах Ангарского кряжа в виде конусообразных сопок и гряд, возвышающихся на 150-200 м над окружающей местностью. По гранулометрическому составу почвы равнин подразделяются на три группы: суглинистые и глинистые, песчаные и супесчаные, суглинистые валунно-галечные [2].

По мнению В.А. Кузьмина, наличие погребенного гумусового горизонта в почвах – свидетельство плейстоцен-голоценового криогенеза, последующего формирования бугристо-западинного микрорельефа, его антропогенной трансформации в пятнистую остаточно-бугристо-западную микроструктуру [4]. Этот феномен свидетельствует о специфике истории развития и современного состояния почвенного покрова юга Средней Сибири, где он находит наибольшее проявление. Второй гумусовый горизонт в современных лесных почвах рассматривается как результат деградации бывшего мощного гумусового горизонта темногумусовых почв под бывшей лугово-степной растительностью при замещении в голоцене степной растительности на таежную.

Филиал «Разрез Тулунуголь» и ООО «Разрез Черемховский» расположены в провинции подзолистых буроземов, серых и темногумусных почв Иркутского амфитеатра, входящие в округ равнин дерново-подзолистых, подзолисто-

глеевых, гумусово-гидроморфических, перегнойно- гидроморфических, торфяных эутрофных, черноземов, серых и темногумусовых почв подтаежных, лесостепных и степных ландшафтов. В отличие от плато, почвообразование здесь происходит на рыхлых отложениях большей мощности при пониженном увлажнении, возрастании теплообеспеченности и при значительном участии травянистой растительности. Изменение природных условий сопровождается появлением новых типов почв - серых и черноземов, увеличением мощности гумусового горизонта, снижением кислотности, степени оподзоленности и выщелоченное в темногумусовых, дерново-подзолистых и других почвах. Большая часть черноземов и темногумусовых почв распаханы и в данное время находятся в залежном состоянии. Под луговыми степями сформировались черноземы гидрометаморфизованные. Серогумусовые и темногумусовые глинисто-иллювирированные почвы встречаются на красноцветных карбонатно-силикатных отложениях пологих склонов и невысоких водоразделов под светлыхвойными и березовыми травяными лесами, которые частично распаханы.

На территории Иркутской области встречается 2295 видов сосудистых растений, 583 вида мохообразных, в т. ч. 449 видов листостебельных мхов и 134 вида печеночников, 2117 видов лишайников, 960 видов грибов-макромицетов.

Значительная протяженность области с севера на юг и расчлененность рельефа равнин и плато во взаимодействии с другими природными факторами обуславливают зональную и вертикальную дифференциацию растительности.

Примерно на половине территории Иркутской области с преобладанием равнинного рельефа, где проявляются закономерности зонального распределения, проходят три подзоны таежной зоны. Здесь распространена лиственничная тайга из лиственницы даурской, сочетающаяся с болотами и заболоченными лесами [2-11, 5].

Филиал «Разрез Тулунуголь» и ООО «Разрез Черемховский» расположены на территории с выраженной зональностью, в таежной зоне, в подзоне тайги. Наиболее распространены: сосна, лиственница, береза, осина, менее – ель, пихта. Широкое распространение в районе имеет кустарниковая растительность: ольховник, жимолость, шиповник с богатым травяным растительным покровом.

Значительная площадь по слабоврезанным долинам рек и ручьев занята также долинными елово-лиственничными разнотравно-осокомоховыми лесами с багульником и голубикой.

Предшествовавший добычи каменного угля комплекс работ по хозяйственному освоению лесорастительных ресурсов района и пожары внесли существенные нарушения в коренные сообщества животных. Коренные светлыхвойные леса в районе землеотвода в нетронутом состоянии с характерным комплексом видов животных сохранились лишь отдельными фрагментами.

Формы антропогенного рельефа на исследуемых территориях угольных разрезов представлены системой внутренних и внешних гребневидных отвалов, сформированной в результате бестранспортной системы вскрыши. Так как отвалы отсыпались непосредственно у карьеров, то территория развития антропогенного рельефа обладает значительными величинами вертикального расчленения.

Отмечаются гранулометрические различия в составе пород, слагающих отвалы. Наибольшее количество мелкозема сосредоточено на отвальных склонах южных экспозиций, преимущественно в их верхних частях, что связано с большей интенсивностью физического выветривания на склонах южных экспозиций.

Процессы линейной эрозии интенсивно проявляются на склонах терриконов и отвалов южных экспозиций. Северные склоны, как правило, «бронированы» покровом кустарников и деревьев, поэтому эрозионные процессы здесь развиты достаточно слабо. Кроме водно-эрозионных форм, осложняющих поверхности отвалов, наблюдаются случаи формирования оврагов и в самих карьерах. Отмечается смещение отложений отвалов вследствие переувлажнения слагающего их материала.

В целом, карьеры имеют следующие морфометрические показатели: их ширина у верхней бровки составляет от 20-30 до 100 и более м, глубина - от 15 до 60 м. Крутизна бортов карьера - до 70-80°, местами стенки практически отвесны. Наиболее глубокие карьеры имеют искусственно террасированные склоны. Отдельные карьеры могут составлять обширные карьерные поля шириной до 1 км и длиной несколько км.

Очень часто отработанные карьеры либо просто забрасывались, превращаясь в так называемые бросовые земли, либо проходили только горнотехническую рекультивацию (подготовительный этап). Открытые разработки спровоцировали изменение уровня подземных вод, что привело к формированию многочисленных водоемов антропогенного происхождения в окрестностях городов Черемхово и Тулун.

Следует отметить, что карьеры являются главными формами отрицательного рельефа, сформированного вследствие антропогенной деятельности в Иркутско-Черемховской равнине. Просадочные явления, характерные для месторождений полезных ископаемых, разрабатываемых шахтным методом, здесь выражены достаточно слабо, так как более 70 лет добыча угля ведется здесь открытым способом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Безруков Л.А. Водный потенциал // Природноресурсный потенциал Иркутской области. – Иркутск: Из-во СО РАН, 1998. – С. 81-115.
2. Воробьева Г.А. Почвы Иркутской области: вопросы классификации, номенклатуры и корреляции. – Иркутск: Изд-во Иркут. Ун-та, 2009. – 149 с.
3. Выркин В.Б., Тужикова Т.Н. Районирование современных экзогенных процессов рельефообразования. Карта м-ба 1 : 10 000 000 и объяснительная записка к ней // Атлас. Иркутская область: экологические условия развития. М.; Иркутск: Роскартография; Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2004. – С. 18-19.
4. Кузьмин В.А. Почвенный покров // Атлас. Иркутская область: Экологические условия развития. – М. – Иркутск: Роскартография; Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2004.
5. Чепинога В.В. Разнообразие растительности Иркутской области с позиции флористической классификации: предварительный обзор классов // Изв. ИГУ. Сер. Биология. Экология. – 2015. – Т. 12. – С. 2-11.

© М.И. Шестакова, 2019

УДК 504.064.2.001.18

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕСОХОЗЯЙСТВЕННОЙ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ЗЕМЕЛЬ УГОЛЬНЫХ РАЗРЕЗОВ В ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Геннадий Иванович Щадов

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, e-mail: sgi@istu.edu

Мария Ивановна Шестакова

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, доцент кафедры автоматизации и управления, e-mail: webwer@mail.ru

Аннотация статьи. В статье проведена эколого-экономическая оценка проведения лесохозяйственного направления рекультивационных работ, с определением экономического и экологического эффекта выбранного направления. Лесохозяйственное направление является менее затратным способом проведения рекультивации, а так же наиболее результативным, и может являться приоритетным для угольных предприятий.

Ключевые слова: рекультивация земель, лесохозяйственное направление, эколого-экономический ущерб, ценность земли, загрязнение окружающей природы.

ECOLOGICAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF FORESTRY LAND RECLAMATION OF COAL MINES IN THE IRKUTSK REGION

Gennady I. Shchadov

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia, e-mail: sgi@istu.edu

Mariia I. Shestakova

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia, e-mail: webwer@mail.ru

The article carried out an environmental and economic assessment of the forestry area of reclamation work, with the definition of the economic and environmental effect of the selected area. Forestry direction is a less costly way of reclamation, as well as the most productive, and may be a priority for coal enterprises.

Key words: land reclamation, forestry direction, environmental and economic damage, land value, environmental pollution.

Оценивая выбор направления рекультивации нарушенных земель на угольных разрезах, необходимо выбрать то, которое обеспечит максимальный эколого-экономический результат, с выделенных предприятием финансовых средств на проведение рекультивационных работ. Эти работы требуют затрат, нередко значительных, поэтому работы должны сопровождаться обоснованными экономическими расчетами.

Рекультивация земель состоит из большого комплекса мероприятий, и подразделяется на множество отдельных процессов. Для каждого процесса определяются исходные данные, устанавливаемые техническими расчетами: объем работ, число единиц оборудования и его производительность, число ча-

сов его работы и т.п. и стоимостные параметры: затраты на единицу объема работ или оборудования.

Выбор лесохозяйственного направления рекультивации на отработанных площадях, является наиболее экономичным способом, а так же наиболее результативным и доходным, с точки зрения реализации в будущем лесной продукции. В связи с этим является целесообразным при эколого-экономической оценке использовать целевую функцию, базирующуюся на сопоставлении достигаемого результата с понесенными затратами.

В зависимости от тех целей, которые ставит предприятие при проектировании рекультивации земель, на первом этапе определяются необходимые мероприятия и рассчитываются затраты на проведение работ.

Затраты на проведения технического этапа рекультивации (Z_T) включают:

- тушение пожаров на отвалах;
- выколаживание отвалов;
- нарезка террас на откосах отвалов;
- устройство оросительной системы, оградительных вала и водосточных канав
- мелиорация.

При лесохозяйственном направлении рекультивации затраты на проведение биологического этапа (Z_L) включают:

- восстановление почвенного покрова и формирование почвенного слоя;
- посадочный материал;
- подготовка посадочного материала, посадка/посев;
- уход за насаждениями, их дополнение в случае необходимости;
- рубка ухода в молодняках;
- оплата и содержание оборудования для реализации биологического этапа [1].

Исходя из вышеперечисленных затрат на рекультивацию, общие затраты ($Z_{общ}$) будут рассчитываться по формуле:

$$Z_{общ} = Z_T + Z_L + Z_d, \text{ руб./год}$$

где Z_d – дополнительные затраты, которые могут возникнуть в период проведения работ по рекультивации, руб./год.

В экономической литературе [5] выделяют наиболее распространенные приемы совместного учета затрат (Z) и результатов (P), отражающие оценки различных задач:

1. $\frac{P}{Z} \rightarrow \max$ – показатель характеризует результат, который возможно получить с единицы затрат;
2. $\frac{Z}{P} \rightarrow \min$ – отношение, определяющее удельную величину затрат, приходящихся на единицу достигаемого результата;
3. $P - Z \rightarrow \max$ – разница характеризует абсолютную величину превышения результатов над осуществленными затратами;

4. $\frac{P-Z}{Z} \rightarrow \max$ – показатель, характеризующий эффект, получаемый с единицы затрат (т.е. относительную величину эффекта);

5. $\frac{P-Z}{P} \rightarrow \max$ – показатель, отражающий удельную величину эффекта, приходящуюся на единицу получаемых результатов.

Исходя из того, что выбор направления лесохозяйственной рекультивации более экономичный целесообразно в основе экономико-математической модели использовать показатель $\mathcal{E} = P - Z \rightarrow \max$, который наилучшим образом отражает конкретный результат мероприятия, абсолютную величину превышения стоимостной оценки эффектов над стоимостной оценкой совокупных затрат за весь срок осуществления рекультивационных работ, включая дальнейший уход за лесом [3].

Экономический эффект (Экн) от проведения лесохозяйственной рекультивации характеризуется дополнительными доходами, возникающими в процессе восстановления земель, прибавляемой доходами от реализации побочной лесной продукции, изменением стоимости прироста древесины и ценностью земли, и определяется по формуле:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{экн}} &= \sum_{l=1}^l D_{\text{пп1}} + D_{\text{пп2}} + (Ц_{32} - Ц_{31}) = \\ &= \sum_{l=1}^L O_l (Ц_l - C_l) + D_{\text{д}} + Ц_{\text{д}}^k + (Ц_{32} - Ц_{31}), \text{руб./год} \end{aligned}$$

где $D_{\text{д}}$ — дополнительный доход, возникающий в процессе восстановления земель, руб./год;

$Ц_{\text{д}}^k$ — Изменение стоимости прироста древесины, руб.ед. в год, где k – коэффициент стоимости прироста древесины;

$O_{\text{г}}$ – объем побочной (недревесной) продукции / на восстановленных землях, ед./год;

$Ц_{31}$ – ценность земли до проведения рекультивационных работ, руб.;

$Ц_{32}$ – ценность земли после проведения рекультивационных работ, руб.;

$D_{\text{пп}}$ – суммарный доход от реализации побочной лесной продукции, руб./год;

$Ц_l$ – цена единицы продукции l , руб.ед. в год;

C_l – затраты на получение единицы продукции l , руб.ед. в год;

Экономическая эффективность определяется стоимостью деловой древесины и изменением цены земли, на которую влияет множество факторов. Используя в качестве саженцев деловой и полуделовой древесины, значительно увеличит доход от реализации лесной продукции, в связи с увеличением стоимости прироста древесины.

Помимо положительного экономического эффекта от реализации лесохозяйственного направление, приоритетным для предприятия всегда должен являться экологический эффект.

Экологический эффект ($\mathcal{E}_{\text{Экл}}$) при проведении лесохозяйственной рекультивации характеризуется устраненным эколого-экономическим ущербом от загрязнения окружающей природной среды ($Y_{\text{уст}}$), и возникающими эффектами от экологических функций леса ($\mathcal{E}_{\text{ФЛ}}$) [4], рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{Экл}} = Y_{\text{уст}} + \mathcal{E}_{\text{ФЛ}}, \text{руб./год},$$

Устраненный эколого-экономический ущерб – это оценка отрицательных последствий от воздействия, нарушенных горными работами земель, на окружающую, природную среду, которые удалось устранить в процессе проведения рекультивации, выраженный денежной форме и рассчитывается по формуле:

$$Y_{\text{уст}} = Y_{\text{А}} + Y_{\text{В}} + Y_{\text{З}}, \text{руб./год},$$

где $Y_{\text{А}}$ – суммарный эколого-экономический ущерб, наносимый атмосфере, руб./год;

$Y_{\text{В}}$ – суммарный эколого-экономический ущерб, наносимый гидросфере, руб./год;

$Y_{\text{З}}$ – суммарный эколого-экономический ущерб, наносимый земной поверхности; руб./год.

Расчет ущерба за негативное воздействие на окружающую среду (атмосферный, воздух, поверхностные водоемы, изъятие земель) можно рассчитать, используя стандартные методики [2].

Эффект от экологических функций лесных насаждений ($\mathcal{E}_{\text{ФЛ}}$) выражается в денежной форме и рассчитывается по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ФЛ}} = S(O_{\text{К}}C_{\text{К}} + O_{\text{У}}C_{\text{У}} + O_{\text{ПЛ}}C_{\text{ПЛ}} + O_{\text{БАВ}}C_{\text{БАВ}}), \text{руб./год},$$

где S – площадь восстановленных земель, га;

$O_{\text{К}}$ – количество кислорода, выделяемого лесными насаждениями в год, т/га;

$C_{\text{К}}$ – стоимость производства 1т кислорода промышленным способом, руб./т;

$O_{\text{У}}$ – количество поглощенного углекислого газа из атмосферы в год, т/га;

$C_{\text{А}}$ – норматив платы за выброс 1т углекислого газа в атмосферу (принимается по утвержденным нормативно-правовым актам), руб/т;

$O_{\text{Т}}$ – количество поглощенной пыли из атмосферы в год, т/га;

$C_{\text{Т}}$ – норматив платы за выброс 1т пыли в атмосферу, руб/т;

$O_{\text{БАВ}}$ – количество биологически активных веществ (БАВ), выделяемых лесными насаждениями в год, т/га;

$C_{\text{БАВ}}$ – стоимость производства 1т БАВ промышленным способом, руб./т.

В настоящее время рекультивация земель на территории Иркутской области носит локальный характер, в связи с тем, что предприятия не редко упоминают тот факт, что возвращение изъятых земель в их прежний вид достаточно затратно, и в основном проводят технических этап рекультивации с проведени-

ем биологического этапа под самозарастание. В настоящее время на закрытых угольных разрезах мы можем наблюдать эрозию почвенного покрова и облесение, в связи с этим, лесохозяйственное восстановление будет являться приоритетным направлением, т.к. эколого-экономический эффект являются более результативными и менее затратными.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зекунова А.И. Оценка эффективности лесовосстановительных работ. // Горный информационно-аналитический бюллетень №10. – М.: МГГУ, 2008. - С. 278-283.
2. Каплунов Ю.В., Климов С.Л., Красавин А.П. Экология угольной промышленности России на рубеже XXI века; Под общей ред. С.Л. Климова. – М.: Изд-во Академии горных наук, 2001. — 295с
3. Михайлова А.И., Мясков А.В. Учет факторов; влияющих на выбор; способа создания лесных культур: при; лесохозяйственной рекультивации нарушенных земель, // Отдельный выпуск Горного информационно-аналитического бюллетеня; «Экология и экономика природопользования». – М.: МГГУ, 2008: -№3 – С. 158 – 164.
4. Мясков А.В., Харченко В.А. Обеспечение экологической безопасности угольной промышленности. Зарубежный опыт. – М.: Изд-во МГГУ, 2002. – 38с.
5. Шibaева И.Н., Медведева О.Е. Интегральная оценка риска загрязнения почв и расчет экономического ущерба. М.: Альтекс, 2000

© Г.И. Щадов, М.И. Шестакова, 2019

УДК 656.11

ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ТЕПЛОЭЛЕКТРОЦЕНТРАЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ АНГАРСКОЙ ТЭЦ-9

Виктория Сергеевна Аксенова

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, магистрант, e-mail viks8@mail.ru

Аннотация статьи. На сегодняшний день, нерациональная деятельность человека, подтолкнула его к началу глобального экологического кризиса. Огромный масштаб негативных воздействий хозяйственной деятельности определили актуальность моей работы. Сложность и многогранность обозначенной проблемы, ее научная и практическая ценность, а также недостаточная степень изученности и, следовательно, необходимость новых вариантов решений определили ее цель и задачи. В данном исследовании были рассмотрены методы переработки отходов зарубежных и отечественных теплоэлектростанций. Представлены альтернативные варианты использования отходов ТЭС (теплоэлектростанций). Обоснована экологическая и экономическая необходимость и значимость использования отходов Ангарской ТЭЦ-9 в строительной индустрии.

Ключевые слова: экологический кризис, ТЭС, Ангарская ТЭЦ-9, строительная индустрия.

PROCESSING OF WASTE OF CENTRAL AND ELECTRIC CENTRALS ON THE EXAMPLE OF ANGARSK TEC-9

Viktoriya Aksenova

Irkutsk National Research Technical University, Russia, Irkutsk, master, e-mail viks8@mail.ru

To date, the irrational activity of man has pushed him to the beginning of the global environmental crisis. The huge scale of the negative impacts of economic activity determined the relevance of my work. The complexity and versatility of the indicated problem, its scientific and practical value, as well as the insufficient degree of knowledge and, therefore, the need for new solutions, determined its purpose and objectives. In this study, methods for processing waste from foreign and domestic heat and power plants were considered. Alternative options for the use of waste from thermal power plants (cogeneration plants) are presented. The ecological and economic necessity and significance of the use of waste from the Angarsk CHPP-9 in the construction industry is substantiated.

Key words: Ecological crisis, TPP, Angarsk CHPP-9, construction industry.

Введение. В современном мире, промышленность является одной из самых значимых и масштабных сфер деятельности человечества. Элементы природы, которые вовлекаются или уже используются человеком в хозяйственной деятельности для удовлетворения разнообразных нужд, обобщаются понятием природных ресурсов. В широком плане под природным ресурсом следует понимать, как источники получения вещества, так и пространство – среду их размещения и жизнедеятельности.

Среди промышленных отходов одно из лидирующих мест по объему занимают золы и шлаки от сжигания твердых видов топлива (уголь разных видов, горючие сланцы, торф) на тепловых электрических станциях

В результате деятельности ТЭС, использующих в качестве основного топлива уголь, на территории Российской Федерации ежегодно образуется более двадцати миллионов тонн золошлаковых отходов, которые занимают огромные площади – более 150 тыс. гектаров, а их содержание требует значительных эксплуатационных затрат, которые влияют на повышение себестоимости производства энергоносителей.

Интенсивный рост использования природных ресурсов, отражается не только на изменении масштабов антропогенного воздействия, но и является основной для появления новых факторов, оказывающих негативное влияние на природу.

Ущерб, который наносится природным компонентам, ведёт к значимым, а порой, необратимым последствиям, отражая негативную сторону этого процесса, именуемую «современная экологическая ситуация».

Методы исследования. В исследовании использованы учения профессора Р. Е. Дэвиса, предложившего идею использования золы уноса (fly ash) для производства бетона и разработал для нее спецификацию.

Рассмотрены статьи профессора О.А. Федяева, который в своих работах изучал проблему накопления золошлаковых отходов (ЗШО) ТЭС в Омской области и предлагал альтернативные методы переработки отходов, изучены работы В.А. Смолия, А.С. Косарева, Е.А. Яценко, которыми в качестве объекта исследования и переработки были выбраны шлаковые отходы Новочеркасской и Несветаевской ТЭС (Ростовская область), работающих на донецких углях.

Изучены и проанализированы методы утилизации отходов ТЭС таких стран как :Китай, Индонезия, Австралия, Польша и Россия.

Исследования в области создания ресурсосберегающих технологий переработки отходов ТЭС на протяжении нескольких лет являются популярным направлением в изучении новых научных методов, как в Российской, так и в мировой практике.

Существует пять основных методов переработки отходов ТЭС:

- 1) Строительные материалы (кирпич, цемент, строительные блоки);
- 2) Дорожное строительство (наполнители для дорожного полотна);
- 3) Строительные проекты (стеновой материал);
- 4) Производство различных наполнителей;
- 5) Сельское хозяйство (стабилизаторы почвы).

Результаты. В большей степени изученной и наиболее популярной областью применения золошлаковых отходов ТЭС является цементная промышленность, в которой достаточно широко применяются шлаки. Зола и шлаки — это минеральная несгорающая часть угля. Одним из перспективным направлением применения золошлаковых смесей являются производства: асфальта, ячеистого бетона и пенобетона, песчано-цементной черепицы и стеновых блоков, при строительстве дорог, площадок полов промышленных зданий, укреплении грунтовых оснований, в производстве строительных растворов, при замене части цемента и мелкого заполнителя в тяжелых и легких бетонах, в промышленно-гражданском строительстве, при обваловке дамб.

Одним из основных моментов исследования области применения сверхкислых золошлаковых материалов ТЭС является то, что химический и минералогический составы шлаков ТЭС близки к составам материалов силикатной промышленности, таким как стекло, стеклопокрытия, керамика, ситаллы, и прочие, исходя из этого, можно сделать вывод, что производство стекломатериалов строительного и технического назначения будет занимать лидирующие позиции.

В стекольной технологии возможно производство: стеклокристаллических материалов (шлакоситаллов); коррозионностойких стеклошлакоэмалевых покрытий для различных металлов; тепло- и звукоизоляционных стеклошлакоматериалов; стеклошлаковых облицовочных плиток (марблит, коврово-мозаичные и цокольные плитки).

В результате проведенных исследований В.А. Смолия, А.С. Косарева, Е.А. Яценко был получен состав защитного антикоррозионного стеклошлакопокрытия для защиты стальных трубопроводов нефтяного ассортимента.

В зависимости агрессивности и состава транспортируемых сред, наличия в них кислот, щелочей, солей и механических примесей, подбирается марка эмали. Параметры температуры, при которых эксплуатируется эмаль варьируются в пределах от -150 до $+400^{\circ}\text{C}$, толщина покрытия составляет 200-500 мкм. Многокомпонентное натриево-боросиликатное покрытие с высоким содержанием оксидов железа (8,1%) было выбрано, как основная стекломатрица. Были избраны две технологии добавления шлака в состав эмали: стекольный способ и способ спекания.

На основе совокупных оценок, проводимых исследований, был выявлен оптимальный состав с содержанием шлака равным 15%. При таком содержании шлака стеклошлакоэмаль отвечает высоким технологическим и эстетико-потребительским требованиям. В результате проводимых экспериментов, был разработан комплекс составов антикоррозионного стеклошлакопокрытия для защиты стальных трубопроводов нефтяного ассортимента.

Данное покрытие исключает образование отложений на стенках труб, надежно работает при температуре от -50 до $+350^{\circ}\text{C}$, характеризуется высокой стойкостью: термической, химической, коррозионной и абразивной, уменьшает гидравлическое сопротивление, повышает пропускную способность.

Полученное защитное стеклошлакоэмалевое покрытие рекомендуется к внедрению в производство эмалирования трубопроводов нефтяного ассортимента.

Ещё одной значимой областью исследования золошлаковых отходов является пеностекло. Необходимость создания современных искусственных материалов, превосходящих природные, связано с интенсивным развитием современных технологий.

Одним из наиболее перспективных изоляционных материалов является пеностекло, которое выгодно отличается своими свойствами от конкурентов, такими как низкая теплопроводность, высокая прочность, пожаростойкость, обширный температурный диапазон применения, долговечность. Его изготавливают из смеси тонко измельченного стеклобоя и пенообразователя, что явля-

ется экологически чистой технологией, а это неоспоримый плюс на пути к главной цели- снижению техногенной нагрузки на природную среду.

О.А. Федяев предлагает изготавливать пеностекло на основе золошлаковых отходов ТЭС.

Материал, который изготавливается данным способом, в экономическом плане будет гораздо выгодней аналогов, так как его себестоимость будет гораздо ниже, а по технико-эксплуатационным параметрам он не будет уступать конкурентам

Зола богата оксидом алюминия, ее можно рассматривать как потенциальный заменитель бокситов. Впервые алюминий научились извлекать из отходов горения угля в 1950-е годы в Польше.

Сегодня этот способ получения алюминия из золы активно используют в Китае. Свою технологию китайцы начали разрабатывать в 2004 году. В 2012 году был запущен масштабный проект в Тогто (Tuoketuo), где базируется крупнейшая электростанция мира.

По исходным данным на производство завод должен ежегодно производить 240 млн. тонн оксида алюминия (сырья для получения алюминия) и 200 млн. тонн силиката кальция. Далее, эти показатели планируется увеличить втрое. Все это с большим запасом покрывает внутренние потребности Китая в металле. Отходы ТЭС также могут быть источником получения более дешевого урана. По крайней мере, этими технологиями активно занималась канадская компания Sparton Resources, экспериментируя на китайских и монгольских углях.

В качестве объекта исследования и переработки были выбраны шлаковые отходы Ангарской

ТЭЦ-9. ТЭЦ-9 является тепловой электростанцией, расположенной в городе Ангарске Иркутской области.

На сегодняшний день, станция входит в состав российской энергетической компании ОАО «Иркутскэнерго» на правах производственного филиала, обеспечивая паром, тепловой и электрической энергией местных жителей, а также крупнейшее промышленное предприятие города – Ангарскую нефтехимическую компанию.

ТЭЦ-9 относится к техническим станциям высокого давления. Котлоагрегаты производят пар с давлением 140 кгс/кв. см и температурой 570°C. В производстве задействовано восемь турбоагрегатов общей мощностью 530 МВт. В настоящий момент, отопительная нагрузка Ангарска и промышленных предприятий составляет 78% от общего объема тепла, паровая нагрузка АО "АНХК" – 24%.

Станция является типичным представителем энергетики России, так как более 60% установленных мощностей электрической генерации представлено тепловыми электрическими станциями, аналогичными ТЭЦ-9. Особенность теплоэлектроцентрали в том, что она производит в комбинированном цикле тепловую и электрическую энергию.

Количество золошлаковых отходов ТЭЦ-9 составляет порядка 600 тыс. т. в год.

Химический состав отходов ТЭЦ-9, представлен в таблице 1.

Таблица 1

Химический состав отходов ТЭЦ-9

Компоненты	Содержание, % масс.	Компоненты	Содержание, % масс.
SiO ₂	51,4 – 66,8	MgO	1,0 – 2,0
Al ₂ O ₃	22,3 – 29,4	K ₂ O	1,1 – 2,4
Fe ₂ O ₃ (3+)	6,1 – 10,4	SO ₂	0,3 – 1,1
FeO (2+)	0,7 – 1,7	P ₂ O ₅	0,1 – 0,9
CaO	2,4 – 6,1	C (углерод)	11,9 -15,8

Химический и минералогический состав зольных и шлаковых отходов Ангарской ТЭЦ-9 удовлетворяет параметрам производства строительных материалов, что позволяет утилизировать в востребованные рынком продукты до 90% отходов.

Нагрузка на федеральные трассы и региональные дороги растет с каждым годом, а дорожное покрытие остается низкого качества, к тому же в его производстве используют устаревшие методы. Мировой опыт показывает, что современным требованиям в наибольшей степени отвечают цементобетонные покрытия. Высокие износостойкость и долговечность, дают им преимущества перед покрытиями из асфальтобетонов.

Снижается общая толщина конструкции дороги. Слой основания, в зависимости от категории дороги уменьшается до 15–40 см. Сокращается расход используемого материала для укладки покрытия. Для слоя основания из укрепленного грунта достаточно устройство асфальтового покрытия толщиной 4–5 см. На дорогах не высокой категорий возможно устройство покрытий (слоя износа) из более экономичных материалов. Весь процесс автоматизирован, получается прочная, износостойкая конструкция дороги до одного километра в день! Снижаются расходы на строительство новых и восстановление старых дорог от 20% до 65%. Себестоимость дороги сокращается в 1,5 -3 раза. Смысл данной технологии в том, что традиционный материал заменяется гранулированным шлаком с химическим активатором.

Так же из отходов Ангарской ТЭЦ-9 можно делать зольный кирпич (как полнотелый, так и с пустотами). По сравнению с керамическим и силикатным кирпичом, у него ниже теплопроводность и себестоимость.

Если посмотреть на технико-экономические показатели зольного кирпича с пустотами и популярного нынче ячеистого бетона, получится, что при меньшей плотности бетона в 1,4–2 раза, прочность кирпича в 5–8 раз выше.

В таблице 2 приведены сравнительные характеристики зольного кирпича, керамического кирпича, ячеистого бетона, дерева.

Таблица 2

Сравнительные характеристики зольного кирпича, керамического кирпича, ячеистого бетона, дерева

Характеристики	Кирпич зольный полнотелый	Кирпич зольный с пустотами, 25%	Кирпич силикатный с пустотами, 25%	Кирпич керамический с пустотами, 27%	Бетон ячеистый (Сибит)	Дерево
Средняя плотность, кг/м ³	1240	1100	1600	1400	500-700	
Вес кирпича (В=65мм), кг	2,4	2,0	3,2	2,7	-	
Вес 1 м ³ , кг	1231	1026	1642	1385	615,4	
Теплопроводность, Вт/м*С	0,24	0,15	0,6	0,46	0,12	
Толщина стены здания, усл.ед.	0,4	0,25	1	0,77	0,2	0,15
Прочность на сжатие, кг/см ² , не менее	125-250	125-200	125-200	125-200	25	0,25
Количество золы, %, не менее	85	80				

При изготовлении зольного кирпича используется новая технология производства глазурованного кирпича, ее смысл в использовании бюджетных глазурей, которые легко плавятся, спекаются при невысоких температурах и печей с терморadiационным нагревом, которые позволяют уменьшить время обжига, что положительно сказывается сразу на нескольких показателях: как на экономических, так и на экологических.

Обсуждение. Ежегодно электростанции воспроизводят до 30 млн. тонн отходов, которые не используются. В России под золошлаковые отходы ТЭС отчуждено более 27 000 га, на которых собраны свыше 1,8 млрд. тонн золошлаков.

В крупных городах Сибири золоотвалы расположены в близости от ТЭЦ и очень часто их расширение не представляется возможным из-за непосредственной близости к жилой застройке.

Особую опасность представляют полигоны с отходами ТЭЦ, расположенные вблизи водных бассейнов (рек и озер), из-за возможного прорыва дамб. По мере роста количества золошлаковых отходов возрастает и площадь территорий, отводимых под золоотвалы, что приводит к изъятию их из промышленного и сельскохозяйственного производства. Если посмотреть на подобную практику с экологической и экономической точки зрения, то, помимо нанесения ущерба почвам, подземным водам, засорения территории, безвозвратно теряются природные ресурсы, уже однажды добытые и переработанные.

Технология переработки золошлаков ТЭС, позволяет производить и реализовывать строительные материалы, тем самым уменьшая количество отходов, что в свою очередь сокращает количество территорий для полигонов отходов – что оказывает положительное влияние на экологическую обстановку региона. Так же является экономически эффективным, так как сокращаются расходы для обслуживания золоотвалов.

Заключение. Строительные материалы – наиболее перспективное и очевидное, но далеко не единственное направление в утилизации золоотвалов. Решение проблемы утилизации и переработки промышленных отходов – длительный и кропотливый процесс, которым предстоит заниматься не одному поколению ученых, инженеров, техников, экологов, экономистов, рабочих разного профиля и многих других специалистов.

Таким образом, сложный химический и минералогический составы, низкая стоимость золошлаковых смесей предполагают дальнейшее развитие технологий и получение оригинальных материалов на основе зол и шлаков ТЭС.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Поддубный А.В. «Экологические проблемы устойчивого развития регионов» / А.В. Поддубный. – Владивосток, «РУБЕЖ», 2015. – 306 с.
2. Яценко Е.А., Смолий В.А., Косарев А.С., Гольцман Б.М., Деева А.С. Синтез пеностекла на основе комбинированных отходов промышленности // Научное обозрение. 2013. № 8. С. 70-75.
3. Смолий В.А., Косарев А.С., Яценко Е.А., Гольцман Б.М. Разработка технологии производства эффективного энергосберегающего ячеистого теплоизоляционного строительного стекломатериала // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. 2015. № 4 (185). С. 128-132.
4. Яценко Е.А., Зубехин А.П., Гольцман Б.М., Смолий В.А., Косарев А.С. Исследование факторов, влияющих на свойства и структуру пеношлакостекла // Стекло и керамика. 2014. № 4. С. 3-6. 4. 5. Смолий В.А., Косарев А.С., Яценко Е.А. Зависимость реакционной и вспенивающей способности композиций органических и неорганических порообразователей ячеистого теплоизоляционного строительного стекломатериала от их соотношения и свойств // Техника и технология силикатов. 2015. Т. 22, № 4 – С. 7-12.
6. Жуков А.И. Методы очистки производственных сточных вод. Справочное пособие. – М., Стройиздат, 2009.
7. Методическое письмо НИИ «Атмосфера» от 17 мая 2013 года № 335/33-07 «О проведении расчетов выбросов вредных веществ в атмосферу по "Методике определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 Гкал в час. – СПб, НИИ «Атмосфера», 2013. – 17 с.

© В.С. Аксенова, 2019

УДК 622.323:613.3

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ТРУДА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РИСКОВ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ БУРИЛЬЩИКА В ООО «БНК»

Евгений Александрович Киндеев

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, Россия, г. Владимир, доцент кафедры «Автотранспортная и техносферная безопасность», e-mail: kindeyev@yandex.ru

Аннотация статьи. Статья посвящена анализу условий труда бурильщика текущего и капитального ремонта скважин ООО «Бузулукская Нефтесервисная Компания». При помощи метода опросного анкетирования были определены основные опасные и вредные факторы на рабочем месте бурильщика. Были количественно определены производственные риски на рабочем месте бурильщика, сделана оценка полученной величины общего риска травмирования бурильщика текущего и капитального ремонта скважин.

Ключевые слова: условия труда, бурильщик, риск, оценка риска.

WORKING CONDITIONS ANALYSIS AND RISK IDENTIFICATION AT THE DRILLER WORKPLACE IN BUZULUKSKAYA NEFTESERVISNAYA COMPANY, Ltd

Yevgeny Alexandrovich Kindeev

Vladimir state University named after Alexander G. and Nikolay G. Stoletov, Russia, Vladimir, Associate Professor of the Department "Automotive and Technosphere Safety", e-mail: kindeyev@yandex.ru

The article is devoted to the analysis of working conditions of current and capital repairs of wells driller of Buzulukskaya Nefteservisnaya Company, Ltd. With the help of the questionnaire method, the main dangerous and harmful factors at the driller's workplace were determined. Production risks at the driller's workplace were determined quantitatively, the assessment of the total risk of injury to the driller of current and major well repairs was made.

Keywords: working conditions, driller, risk, risk assessment.

Введение. Выявление вредных и опасных производственных факторов на рабочем месте бурильщика текущего и капитального ремонта скважин (ТКРС) в ООО «Бузулукская Нефтесервисная Компания» проводилось путем опросного анкетирования 40 бурильщиков ТКРС по каждому вредному и опасному фактору на рабочем месте.

Методы исследований. Используя качественный метод, опирающийся на процедуру с использованием специальных вспомогательных средства (опросных анкет) и практического опыта работников, определяли количество опасностей (несоответствий) на оцениваемых рабочих местах. Опросная анкета представляет собой перечень вопросов, связанных с влиянием на работника вредных и опасных производственных факторов, которые при определенных условиях могут привести к производственным заболеваниям и производственному травматизму.

На основании результатов используемого инструментария - анкеты, было установлено, что в процессе производства работ бурильщик ТКРС может быть подвержен воздействию различных вредных и опасных производственных факторов, таких как опасные физические факторы, шум, вибрация, химический фактор и световая среда. На основании дальнейшего анализа удалось разделить все факторы на вредные и опасные, что необходимо для оценки именно опасных факторов, как представляющих угрозу жизни работников. Далее будут рассмотрены риски при выполнении спуск-подъемных операций, т.к. данные операции присутствуют во всех видах ремонта скважин.

Опасные факторы и риски при спуске (подъеме) компоновки в скважину:

- работа с подъемными механизмами;
- работа на высоте;
- риск разгерметизации (возникновения газонефтеводопроявления);
- взрывоопасность (риск возникновения открытого фонтана);
- пожароопасность (работа с нефтью);
- работа с химическими реагентами (при подъеме);
- работа с электрооборудованием;
- работа с вращающимися механизмами.

Вредные факторы при спуске (подъеме) компоновки в скважину:

- работа при экстремальных температурах;
- тяжелый физический труд;
- шум;
- общая вибрация.

Результаты. Анализ опасных факторов и определение вероятностей их возникновения:

1. Работа с подъемными механизмами.

За время работы в ООО «БНК» из-за падений УПА-60 и УПА-50 погиб один человек и травмы различной степени тяжести получили 12 человек. Получить такую травму могут только люди, находящиеся на устье скважины: бурильщики, помбуры, машинисты. В организации постоянно работает приблизительно 1100 человек, из них около 800 работают на устье. За девять лет работы, учитывая, что каждое падение УПА приводит к временной нетрудоспособности хотя бы одного из работников, риск получить травму при падении подъемника равен

$$R_1 = \frac{12}{800 \cdot 9} = 1,67 \times 10^{-3}.$$

Риск порядка 10^{-3} считается опасным по отношению к уровню приемлемого риска (10^{-6}). Последствия падения УПА могут различны и для работников (инвалидность или временная нетрудоспособность), и для предприятия (потеря сотрудника или финансовые выплаты). Количественно оценить риск гибели не представляется возможным на примере только одного несчастного случая. Для такой оценки требуется информация от других аналогичных организаций, в связи с чем, в данной работе не будет рассмотрен такой вариант развития событий.

2. Работа на высоте.

Бурильщик ТКРС проводит на площадке УПА порядка 30% рабочего времени, площадка площадью 2 м² имеет ограждение на уровне 1,5 м. Ограждение защищает работника от возможного падения с вышки. Случаев падения с вышки в ООО «БНК» не было, но известны такие случаи на других предприятиях, поэтому вероятность травмы при такой аварии взята у аналогичных организаций, в которых были такие случаи. Величина риска составляет $3,5 \times 10^{-5}$.

3. Риск разгерметизации.

Газонефтеводопроявления (ГНВП) – чрезвычайно опасная разновидность аварий в нефтегазовой промышленности. ГНВП могут приводить к открытым фонтанам (ОФ), отравлениям, повреждению оборудования, травмам, разливу нефти и значительным материальным затратам. Чаще всего это происходит из-за недолива в скважину при подъемных операциях.

Согласно статистике, ГНВП при выполнении ремонтов происходят примерно один раз в пять месяцев, т.е. было 22 случая на 35000 скважин, отремонтированных силами бригад ТКРС ООО «БНК». Примерно в половине случаев ГНВП приводят к отравлению сероводородом, в 3% случаев – к ОФ (риски, связанные с ОФ будут рассмотрены отдельно), в остальных – последствий для работников нет. Был найден риск возникновения ГНВП:

$$R_{\text{ГНВП}} = \frac{22}{35000} = 6,3 \cdot 10^{-4},$$

и риск отравления сероводородом:

$$R_2 = \frac{6,3 \cdot 10^{-4}}{2} = 3,15 \cdot 10^{-4}.$$

Риск порядка 10^{-4} считается высоким по отношению к уровню приемлемого риска (10^{-6}) и требует мер по его снижению.

4. Взрывоопасность (риск возникновения открытого фонтана).

Открытый фонтан – это серьезная авария, которую легче предупредить, чем ликвидировать. Предупреждение ОФ – задача противовыбросного и запорного оборудования. ОФ могут нанести серьезный ущерб окружающей среде (разливы нефти, загазованность, загрязнения вышележащих пластов), принести финансовые потери (затраты на ликвидацию, компенсации и другие выплаты) и, конечно, повлечь за собой человеческие жертвы. На исследованном предприятии не было несчастных случаев со смертельным исходом в результате ОФ, но было четыре несчастных случая с получением работниками травм (переломы конечностей).

Вероятность получения травмы в результате возникновения ОФ:

$$R_3 = \frac{4}{800 \cdot 9} = 5,56 \cdot 10^{-4}.$$

Величина риска достаточно велика, следовательно, риск необходимо оптимизировать.

5. Пожароопасность (работа с нефтью).

При возникновении разливов нефти из-за неосторожного обращения с ней могут возникнуть сложные пожары. Именно из-за возможности наличия паров нефти на устье запрещены сварочные работы. Вероятность таких пожаров не-

велика, но последствия могут быть катастрофичны. Оценка этого вида аварий в работе не производилась, величина риска, составляющая $2,78 \times 10^{-4}$, взята из опыта работ аналогичных организаций.

6. Работа с химическими реагентами

При выполнении некоторых видов ремонта и при подъеме компоновки из скважины обязательно используются химические реагенты, такие как концентрированная хлороводородная кислота. При попадании на тело человека она вызывает химический ожог кожи, при вдыхании паров повреждает слизистые оболочки, вызывает отравление. На предприятии был зафиксирован один случай травмирования машиниста подъемного агрегата. Таким образом, вероятность травмирования под действием кислоты:

$$R_4 = \frac{1}{800 \cdot 9} = 1,39 \cdot 10^{-4}.$$

3.2.7 Работа с электрооборудованием.

Инцидентов, связанных с травмами или гибелью при работе с электрооборудованием в ООО «БНК» не случилось. Такие несчастные случаи были только в аналогичных организациях. Таким образом, можно сделать вывод, что мер, предпринятых для защиты работников при работе с электрооборудованием на данном этапе достаточно.

Заключение. Принимая во внимание вышеизложенное, можно посчитать общий риск травмирования бурильщика ТКРС:

$$R_{\text{общ}} = 1,67 \cdot 10^{-3} + 3,5 \cdot 10^{-5} + 3,15 \cdot 10^{-4} + 5,56 \cdot 10^{-4} + 2,78 \cdot 10^{-4} + 1,39 \cdot 10^{-4} = 2,99 \cdot 10^{-3}.$$

Это очень высокий показатель травмирования по сравнению величиной риска в развитых странах, который составляет $2,5 \cdot 10^{-5}$. Высокие значения риска травмирования практически по всем составляющим свидетельствуют о том, что культура производства при проведении текущего и капитального ремонта скважин в ООО «БНК» находится на недостаточно высоком уровне, требуются дополнительные меры по снижению рисков при вышеуказанных работах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. РД 08-120-96. Методические указания по проведению анализа риска опасных промышленных объектов. М.: НТЦ «Промышленная безопасность», 1996. – 18 с.
2. ГОСТ Р 51901-2002. Управление надежностью. Анализ риска технологических систем. - Введ. 2003-09-01. - М.: Госстандарт России, 2001. – 23 с.
3. Валдис К. Основные направления оценки рисков рабочей среды Валдис Калькис ; перевод с латышского А. Веллер. - Рига, 2007. – 76 с.
4. ГОСТ Р 51901.13-2005. Менеджмент риска. Анализ дерева неисправностей. – Введ. 2005-09-01. - М.: Стандартиформ, 2005. – 5 с.
5. Предупреждение ГНВП при СПО [Электронный ресурс]: статья – 2016. – URL: <http://lectmania.ru/1x15f76.html>

© Е.А. Киндеев, 2019

УДК 556

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ДЛЯ СКВАЖИН НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ ГРУНТА

Надежда Александровна Парфентьева

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия, студент

Ирина Юрьевна Поспелова

Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Россия, доцент кафедры инженерных коммуникаций и систем жизнеобеспечения, кандидат технических наук

Аннотация статьи. В статье рассмотрена зависимость между качеством воды и составом грунтов для целей питьевого водоснабжения. Также приведен метод численного моделирования процесса миграции влаги в мерзлых грунтах для целей инженерной геологии.

Ключевые слова: водоносные пласты, грунты, инженерия, гидрология, качество снежного покрова, водоупорный пласт, водопоглощение, очистка.

ASSESSMENT OF WATER QUALITY FOR WELLS IN POPULATED AREAS WITH DIFFERENT TYPES OF SOIL

Nadezhda A. Parfentieva

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia, student

Irina Yu. Pospelova

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia, Associate Professor of the Department of Engineering Communications and Life Support Systems, Candidate of Technical Sciences

The article considers the relationship between water quality and soil composition for drinking water supply. The method of numerical simulation of the process of moisture migration in frozen soils for the purposes of engineering geology is also given.

Key words: aquifers, soils, engineering, hydrology, snow cover quality, water-resistant reservoir, water absorption, treatment.

Введение. Во все времена человечество эксплуатирует богатства Земли, это вынуждает прогнозировать экологическую обстановку особенно в регионах интенсивной деятельности человека [1,3]. Одним из наиболее важных природных ресурсов, обеспечивающих здоровую жизнедеятельность человека, является вода, качество которой напрямую зависит от окружающей обстановки и в частности от качества грунтов и покрывающих слоев земли.

Инженерная геоэкология – это комплекс знаний, направленных на изучение и охрану окружающей среды, а также взаимодействия общества с геосферой Земли посредством технической деятельностью, а гидрология-наука, изучающая природные воды и процессы, происходящие в них [2]. Поэтому анализ гидрологических процессов, происходящих при взаимодействии воды с мине-

ралами, содержащимися в геологических породах очень важен для качества конечной воды с точки зрения экономики, экологии и функционирования жилых и промышленных комплексов. Особенно это актуально в мерзлых грунтах, где процесс размораживания имеет градиент влажностности.

Влияние и анализ природных условий на качество воды. Природа разнообразна во всех ее проявлениях гидросфера играет важнейшую роль в глобальном цикле вещества, осуществляя эрозию и денудацию горных пород, перенос и отложение продуктов их разрушения [5]. Качество воды напрямую зависит от вида грунта и происходящих внешних природных процессов. В каменных породах более чистая вода, в то время как в известняковых породах будут присутствовать различные примеси, известь, в том числе. Вода различается по цвету, запаху, электропроводности, жесткости, кислотности, щелочности и содержанию минеральных веществ (водород, азот, железо, марганец, различные соли) [4].

Также вода может находиться в почве в трех агрегатных состояниях жидкое, твердое(лед) и газообразное. Вода в грунтах находится между водоупорными и песчаными пластами, а в мерзлых грунтах вода оттаивает по определенным законам с градиентом распределения тепла [7,8].

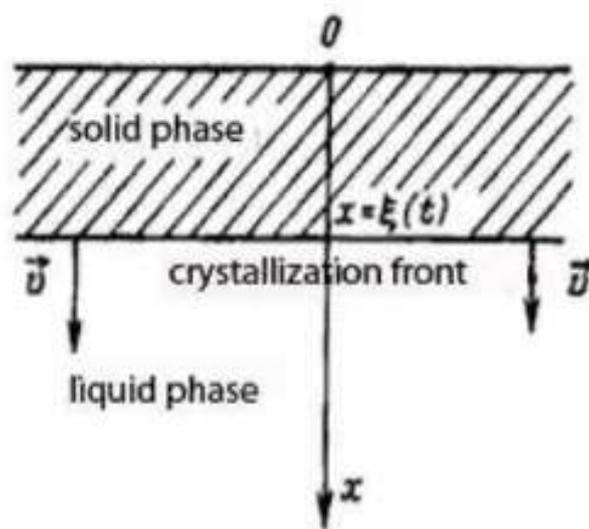


Рисунок 1. Направление распределения теплового фронта в мерзлом грунте

Вода, которая близка к поверхности земли, не пригодна для питья, так как образовалась там из-за таяния снегов, просачивания стоков канализации и другой жизнедеятельности.

Нужно учитывать, что песчаный слой является отличным природным фильтром, он пропускает влагу через себя и очищает ее от вредных элементов. Был проделан эксперимент по качеству влажностности почвенных слоев в зависимости от их начального природного состава.

Для анализа влажностности грунтов существует электрогидродинамическая аналогия, которая может быть смоделирована посредством компьютерных программ [5,6], а также может быть применен метод численного моде-

лирования процесса миграции влаги в мерзлых грунтах. При этом методе задается водонасыщение (тепло или электропроводность, плотность и градиент распределения температур).

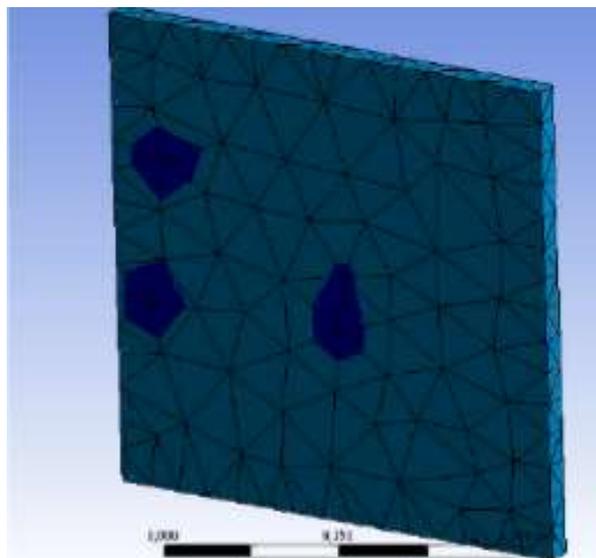


Рисунок 2. Метод теплогидродинамического моделирования. Разрез пласта грунта

Из рисунка можно сделать выводы о местонахождении водонасыщенных грунтовых пород. Породы с большим теплопропусканием более водонасыщены. Соответственно в таких местах рекомендуется организовывать водозаборы.

В таблице 1 приведены параметры влагоёмкости различных грунтов в зависимости от состава [9,10].

Таблица 1

Влагоемкость различных грунтов

Строение почвы	Влагоемкость, %
Песок	9
Глинистый песок (супесчаный)	14
Песчаный суглинок	23
Песчаный суглинок + органические вещества	29
Суглинок	34
Суглинок, с повышенным содержанием глины	30
Глина	38
Хорошо структурированная глина	50

Из таблицы можно сделать вывод, что в условиях Иркутской области наиболее желательными с точки зрения получения воды из скважин в условиях малой заселенности и хорошего качества грунтов с точки зрения наличия примесей металлов и других химически негативных явлений, являются грунты со слоями хорошо структурированной глины. Такие грунты очень часто встреча-

ются вокруг Иркутска в дачной и коттеджной застройке. Кроме этого, нужно учитывать прочностные качества грунта, а также наличие снегового покрова.

Заключение. Все связные дисперсные грунты (суглинки, глины, супеси) снижают свои прочностные качества при увеличении влажности, в то время как несвязные дисперсные грунты (пески, щебень) меньше подвержены влиянию влажности. Для получения воды из скважин в условиях малой заселенности и хорошего качества грунтов, очищенных от примесей, желательно выбирать при наличии грунтов со слоями хорошо структурированной глины. Нужно оценивать роль протекающих процессов, как на земной поверхности, так и в недрах Земли.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК:

1. Алексеев, Л. С. Контроль качества воды : учебник для студентов средних специальных учебных заведений. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : ИНФРА-М, 2012. – 158 с.
2. Голицын, А. Н. Инженерная геоэкология : учебник : для студентов учреждений среднего профессионального образования. - Москва : ОНИКС, 2007. – 363 с.
3. Корнилов Д. А., Поспелова И. Ю. Бесплотинная гидроэлектростанция. В книге: Вода и жизнь Сборник тезисов-докладов 1-ой международной научно-практической конференции. 2018. С. 22-23.
4. Milanovskii, E.E., Rastsvetaev, A.V., Kukhmazov, S.U., Birman, A.S., etc. Noveishaya geodinamika El'brusko-Mineralovodskoi oblasti Severnogo Kavkaza [The newest geodynamics of the Elbrus and Mineralnye Vody region in the North Caucasus]. Geodinamika Kavkaza [Geodynamics of the Caucasus]. Moscow, Nauka 1989, pp. 99-105с.
5. Popova, O.G., Konovalov, Yu.F., Popov, M.G. Osobennosti struktury zemnoi kory seismoopasnykh i aseismichnykh regionov po dannym geotraversov (na primere profilei Baza'lt, Rubin, Kvarts i Armash-Akhalsikhe) [Features of crust structure in seismic and aseismic regions according to geotraverses (by the example of the Basalt, Rubin, Quartz and Armash-Akhalsikhe profiles). Vulkanologiya i seismologiya, 1998, no. 4-5, pp. 178-189с.
6. Поспелова И.Ю., Семигановский Б.В. Проблемы затопления г. Иркутск. В сборнике: Водные ресурсы - основа устойчивого развития поселений Сибири и Арктики в XXI веке Сборник докладов XXI Международной научно-практической конференции. 2019. С. 243-249.
7. Поспелова И.Ю., Бондаренко А.С., Корнилов Д.А., Поспелова М.Я. Теплоизоляционное энергопокрытие для выработки электроэнергии. Smartenergycoating. В сборнике: Авиамашиностроение и транспорт Сибири сборник статей X международной научно-технической конференции. 2018. С. 154-162.
8. Поспелова И.Ю., Корнилов Д.А. Технология теплоизоляционного и сигнального покрытия smartcover для современных энергетических систем. В сборнике: Жизненный цикл конструкционных материалов (от получения до утилизации) // Материалы VIII Всероссийской научно-технической конференции с международным участием. 2018. С. 177-182.
9. Попова О.Г., Попов М.Г. Оценка напряженного состояния геологической среды Кавминводского полигона на основе долговременного сейсмо-экологического мониторинга // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2019. № 5. С. 15-22.
10. Геоэкология. URL <https://fireman.club/inseklodepia/geoekologiya/>

© Н.А. Парфентьева, И.Ю. Поспелова, 2019

УДК 614.8.027

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТНИКОВ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ ИРКУТСКОЙ ОБЛАСТИ

Юлия Юрьевна Стаценко

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, студент, e-mail: ulia1998.05@mail.ru

Ирина Владимировна Волчатова

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, кандидат биологических наук, доцент, e-mail: genesis@istu.edu

Аннотация статьи. В данной работе сделан анализ условий труда работников строительной отрасли Иркутской области, приведены сведения о работающих во вредных или опасных условиях труда. Рассмотрено количество пострадавших от несчастных случаев на производствах г. Иркутска, оценена доля пострадавших в строительной сфере и рассчитан риск производственного травматизма для различных видов происшествий.

Ключевые слова: строительство, травматизм, условия труда, вредные и опасные факторы.

SAFETY PROBLEMS OF WORKERS OF THE CONSTRUCTION INDUSTRY IN THE IRKUTSK REGION

Yulia Yu. Statsenko,

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia, e-mail: ulia1998.05@mail.ru

Irina V. Volchatova

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia, e-mail: genesis@istu.edu

In this paper we analyze the working conditions of workers in the construction industry of the Irkutsk region, provide information on working in harmful or dangerous working conditions. The number of victims of accidents at production facilities in the city of Irkutsk is considered, the proportion of victims in the construction industry is estimated, and the risk of occupational injuries is calculated for various types of accidents.

Key words: construction, injuries, working conditions, harmful and dangerous factors.

Введение. Согласно данным Международной организации труда, во всем мире 2,3 млн человека в год погибают от производственных травм либо болезней [1]. В России количество зарегистрированных несчастных случаев на производстве хоть и уменьшилось существенно за последние годы, но все равно остается довольно высоким (2008 – 12903, 2009 – 10809, 2010 – 10986, 2017 – 6240, 2018 – 6116) [2]. Примерно треть из них сопровождается смертельными исходами. Так, по официальным данным, за 2018 год количество смертей составило 1072 человека (на 66 человек меньше, чем в 2017 году).

Официальная статистика далеко не всегда отражает действительную ситуацию. Непропорционально высокий уровень неучтенных несчастных случаев

отмечается в строительной отрасли. Это связано во многом с большой долей сезонных рабочих, трудовых мигрантов, не всегда зарегистрированных на территории страны. Молодые и пожилые работники наиболее уязвимы. Старение населения в развитых странах означает увеличение числа работников среди старшего поколения, что требует особого внимания. К основным угрозам безопасности на строительных площадках относятся: падения с высоты, попадание между различными объектами, поражения электрическим током и удары об объекты. Эти опасности приводят к травмам и смертям на строительных площадках во всем мире [3].

Целью данной работы была оценка современной ситуации относительно условий труда и производственного травматизма в Иркутской области и, в частности, в строительной индустрии.

Методы исследований. Статистические данные для анализа взяты на Интернет-портале Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Иркутской области [4]. Коэффициент частоты производственного травматизма рассчитан как отношение количества пострадавших от несчастных случаев на производстве в учетном периоде к общему количеству работающих в расчете на 1000 работающих.

Результаты. Как представлено в табл.1, в строительной сфере Иркутской области работают 16895 человек. Занятых на работах с вредными и опасными условиями труда 6366 человек, это 37,7% от общего числа. На рабочих местах присутствуют следующие вредные факторы: у 1063 человек (6,3%) – химические факторы, у 1088 человек (6,4%) - аэрозоли, работа 2769 человек (16,4%) сопровождается воздействием шума и ультразвука, 1586 человек (9,4%) – воздействием вибрации. Менее 2% от общего числа работников находятся в зоне воздействия неионизирующих излучений, неблагоприятного микроклимата и световой среды [4].

Таблица 1

Количество работающих граждан, получающих компенсацию за работу с вредными или опасными условиями труда в строительной отрасли Иркутской области в 2018 году

Виды экономической деятельности, процент от общего числа.	Количество работников	Занятые на работах с вредными и (или) опасными условиями труда	Из них работающих под воздействием трудового процесса	
			тяжести	напряженности
Всего человек	16895	6366	4249	291
в %	100	37.7	25.1	1.7
Женщины	2506	292	167	29
в %	100	11.7	6.7	1.2
Мужчины	14389	6074	4082	262
в %	100	42.2	28.4	1.8

Обсуждение. В целом, в результате несчастных случаев на производствах г. Иркутска в 2017 году пострадало 63, в 2018 году – 64 человека (табл. 2). Коэффициент частоты производственного травматизма самый высокий у такого

вида происшествия, как падение с высоты (0.11‰). Далее идут транспортные происшествия и обвалы предметов и материалов: 0.07 и 0.06 ‰ соответственно.

Таблица 2

Распределение числа пострадавших от несчастных случаев на производстве в организациях города Иркутска по видам происшествий в 2018 году

Виды происшествий	Численность пострадавших		Коэффициент частоты производственного травматизма (случаев на 1000 работающих)
	2017 год	2018 год	
Падение с высоты	17	20	0.11
Различные транспортные происшествия	14	12	0.07
Обвалы предметов, материалов, земли	9	10	0.06
Воздействие движущихся, разлетающихся деталей на человека	10	5	0.03
Воздействие электрического тока	1	5	0.03
Повреждения, не зависящие от человека (природный, техногенный характер)	0	3	0.02
Воздействие дыма, огня	4	2	0.01
Противоправные действия других лиц	4	2	0.01
Другие воздействия	2	2	0.01
Воздействие экстремальных температур	1	1	0.005
Воздействие вредных веществ	1	1	0.005
Утопление	0	1	0.005
Всего	63	64	

Из общего числа пострадавших от несчастных случаев на производстве в г. Иркутске в строительной отрасли – в 2017 году – 15 человек, в 2018 - 13 (20,3% от общего числа пострадавших). Данная цифра значительна и говорит о необходимости ужесточения контроля соблюдения правил безопасности на строительной площадке [5].

Заключение. Строительная отрасль остается одной из травмоопасных отраслей экономики с наибольшим количеством погибших. Вероятность получения травмы или профзаболевания зависит от совокупности вредностей и опасностей, стажа работы, дисциплинированности работающих, организации работ. В связи с этим решение проблемы должно носить комплексный характер, учитывающий все многообразие факторов в конкретной ситуации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. International Labour Organization (ILO). - URL: <https://www.ilo.org/>
2. Единая межведомственная информационно-статистическая система: [сайт]. – URL: <http://fedstat.ru>
3. Измеров Н.Ф. Оценка профессионального риска и управление им – основа профилактики в медицине труда // Гигиена и санитария. – 2006. - № 5. – С. 14-16.

4. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Иркутской области: [сайт]. – URL: <https://irkutskstat.gks.ru/>

5. Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 1 июня 2015 г. № 336н "Об утверждении Правил по охране труда в строительстве" [Электронный ресурс]. – Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

© Ю.Ю. Стаценко, И.В. Волчатова, 2019

УДК 622.24

НЕОБХОДИМОСТЬ РАСХАЖИВАНИЯ ОБСАДНЫХ КОЛОНН В ПРОЦЕССЕ ЦЕМЕНТИРОВАНИЯ СКВАЖИН

Виталий Иванович Зайцев

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Российская Федерация, г. Иркутск, к.т.н., доцент, e-mail: zaicshev@istu.edu

Яков Андреевич Шишкин

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Российская Федерация, г. Иркутск, студент, e-mail: shishkin@istu.ru

Аннотация статьи. При бурении скважин после спуска обсадная колонна в различных местах прилегает к стенке ствола скважины. Образуются зоны зацементированного бурового раствора. Для успешного цементирования колонны предлагается производить ее вертикальные перемещения до 2 м. Эти возвратно-поступательные движения разрушат загустевший буровой раствор в «мертвых» зонах за счет изменения положения труб колонны относительно стенки скважины. Метод также предполагает использование скребков для очистки стенок скважины от глинистой корки. В результате буровой раствор почти полностью выносится из скважины потоком тампонажной жидкости.

В американской практике иногда применялось вращение цементной колонны вместо ее вертикального перемещения. Дальше экспериментальных образцов дело не продвинулось.

Ключевые слова: бурение скважин, разрушение пород, долото.

THE NEED FOR RECIPROCATION CASING DURING CEMENTING

Vitaliy I. Zaitsev

Irkutsk National Research Technical University, Russian Federation, Irkutsk, docent, e-mail: zaicshev@istu.edu

Yakov A. Shishkin

Irkutsk National Research Technical University, Russian Federation, Irkutsk, student, e-mail: shishkin@istu.ru

When drilling wells after descent, the casing in various places is adjacent to the wall of the wellbore. Pinched mud zones are formed. For successful cementing of the column it is proposed to produce its vertical movement up to 2 m. These reciprocating movements will destroy the thickened drilling fluid in the “dead” zones due to the change in the position of the pipe pipes relative to the well wall. The method also involves the use of scrapers to clean the walls of the well from clay crust. As a result, the drilling fluid is almost completely removed from the well by a flow of grouting fluid.

In American practice, the rotation of a cement column was sometimes used instead of its vertical movement. The matter did not advance further than the experimental samples.

Key words: well drilling, rock breaking, drilling bit.

Цель. Вследствие неперпендикулярности даже «вертикальных» скважин после спуска обсадная колонна в различных местах прилегает к стенке ствола. Естественно, оборудование колонны центраторами способствует центрированию

колонны, но не полностью решает эту задачу. В местах прилегания колонны к стенке образуются зоны зацементированного бурового раствора. Поток движущейся буферной жидкости и тампонажного раствора, даже при турбулентном режиме течения, но действующий кратковременно, не в состоянии разрушить эти зоны и удалить находящийся в них буровой раствор. Говорить об удалении глинистой корки едва ли стоит: в зоне сближения обсадных труб с проницаемыми участками ствола скважины толщина глинистой корки значительно превосходит ее средние размеры. Если поток цементного раствора движется в структурном (или ламинарном) режиме, то разрушение зоны зацементированного бурового раствора вообще не представляется возможным.

Введение. Необходимо обеспечить герметичность зацементированного заколонного пространства, а это невозможно, так как глинистый раствор остается не полностью вытесненным, на месте остается и глинистая корка. Гарантированный стопроцентной герметизации добиться непросто. Но есть очень перспективный способ – образовать в цементируемом заколонном пространстве почти однородный цементно – бентонитовый раствор, близкий по свойствам к тому, который готовится специально для цементирования скважин облегченным тампонажным раствором, широко применяющимся. И это единственный доступный способ воздействовать на изменение ситуации с цементированием заколонного пространства и гарантированно повысить вероятность обеспечения его герметичности.

Методы исследований. Путь достижения цели – вертикальные перемещения обсадной колонны в процессе выхода цементного раствора в заколонное пространство и продавливания его до установленной отметки. В нашей практике метод используют энтузиасты, широкого применения он пока не получил. В американской практике вращение цементируемой обсадной колонны иногда применялось. Считается, что чем больше частота вращения, тем выше вероятность успешного цементирования в скважинах всех типов Г.Р. Бауман («Ашленд эксплоратион», Хьюстон, шт. Техас) и Б. Шерер («Александр ойл туз Хьюстон шт. Техас) сообщали, что коэффициент замещения бурового раствора при этом превысил 92%, что бесспорно, является сомнительным выводом. Метод вертикального перемещения колонн более действителен для разрушения зацементированного загустевшего бурового раствора в «мертвых» зонах, чем их вращение, но сравнительная эффективность методов в практических условиях не проверялась. Метод допускает и предполагает использование скребков для очистки стенок скважины от глинистой корки. Итак, основной причиной положительного влияния эффекта расхаживания обсадных колонн на полноту вытеснения бурового раствора является разрушения структуры бурового раствора, находящегося в зацементированных зонах, и остальной части заколонного пространства за счет возвратно – поступательного движения колонны труб, которое приводит к изменению положения относительно стенки скважины. При этом при движении колонны вверх цементный раствор затягивается в изменяющиеся по размерам желобные выработки, вытесняя буровой раствор. Механизм разруше-

ния застойных зон различных по составу буровых растворов в результате возврата – поступательного движения обсадной колонны в вертикальных, наклонных и горизонтальных стволах не изучен. При наличии скребков в процессе расхаживания обсадной колонны повышается вероятность обеспечения контакта цементного раствора с породами. При планировании проведения процессов расхаживания обсадных колонн необходимо иметь представление о возникающих при этом давлениях, в зависимости от объемов заколонного пространства, глубины скважины, режимов расхаживания, реологических свойств бурового и тампонажного растворов. Изменение давления в процессе расхаживания непосредственно не оказывает влияния на полноту вытеснения бурового раствора цементным, но может привести к осложнениям: при движении колонны вниз – к гидроразрыву, при движении вверх – к возможному возбуждению коллектора. Поэтому, наряду с расчетами, накапливались данные по результатам экспериментов. Все это представлено в [1]. Там же приведено и описание оборудования для расхаживания обсадных колонн (хотя можно проводить процесс «с крюка»). Вывод: на рост давления при расхаживании обсадных колонн оказывают влияние следующие факторы: динамическое напряжение сдвига t_0 , пластическая вязкость h и скорость движения колонны v . Чем больше глубина скважины (длина колонны), тем, при прочих равных обстоятельствах, выше давление. Уменьшение динамического напряжения и пластической вязкости тампонажных растворов применением реагентов – наиболее действенное мероприятие по снижению давления.

Результаты. Расхаживание обсадных колонн при цементировании скважин является кардинальным мероприятием повышения качества разобщения пластов (в том числе и с разгрузкой обсадной колонны на забой, при применении эксцентриксов или без них), обеспечения при движении цементного раствора колебательных процессов (или без них и прочих придуманных способов). Безаварийное расхаживание обуславливается правильным выбором параметров проведения процесса. К управляемым параметрам процесса цементирования с расхаживанием обсадной колонны (к технологии) относятся: скорость расхаживания (подъем и спуск), амплитуда расхаживания, скорость восходящего потока тампонажного раствора в заколонном пространстве (подача ЦА), момент начала и конца процесса, число и номенклатура элементов заколонной оснастки (при проектировании процесса, в первую очередь, скребков, наличие, объемы качества буферной жидкости (при проектировании процессов), водоотдача тампонажного раствора (при проектировании и использовании скребков). Правильный выбор сочетания этих (управляемых и способствующих лучшему результату) параметров обеспечивает оптимальный режим расхаживания и позволяет получить качественное разобщение пластов. Процесс расхаживания не обязательно следует закончить с окончанием процесса продавки тампонажного раствора. Целесообразно произвести еще несколько циклов. Количество их может определяться временем загустевания тампонажного раствора. Тогда время расхаживания T_p , время проведения процесса цементирования T_c и время загу-

ствения раствора T_3 находятся в следующей зависимости: $T_3 > T_p > T_c$. Объяснение целесообразности расхаживания колонны после заканчивания продавки тампонажного раствора состоит в том, чтобы предупредить расслоение раствора и отделение от него воды с возможным образованием водяных зон («поясов»), скопление ее под любыми поверхностями, особенно в случае применения чистого цементного раствора. На практике расхаживание колонны нами проводилось до момента закачки 70 – 90% продавочной жидкости, в некоторых случаях до посадки пробки на стоп – кольцо. Когда цементный раствор полностью продавлен в заколонное пространство, нагрузка на пасты максимальная. Расхаживание колонны в это время повысит вероятность гидроразрыва пласта. В данном случае необходимо руководствоваться давлением гидроразрыва пластов на каждой конкретной площади. Для определения параметров расхаживания необходимо конкретизировать цель проведения операции: - для перемешивания бурового раствора и разрушения зон зацементления бурового раствора; - для перемешивания бурового раствора, разрушения зон зацементления бурового раствора и снятия глинистой корки со стенки скважины (любого коллектора).

Стоит конкретная и непростая задача – счищение глинистой корки, имеющих определенные физико-механические свойства и распространенность по стволу скважины в интервале подъема цементного раствора. Экспериментальные работы показали, что к 25 циклам расхаживания при использовании скребка (по качеству уступающего скребкам конструкции ВНИИКРнефть) удаляется 93 – 95% глинистой корки, и дальнейшее расхаживание становится нецелесообразным. Возникает задача проведения необходимого числа циклов расхаживания за время T_r . Если обозначить скорости спуска и подъема колонны соответственно через u_1 и u_2 , а амплитуду расхаживания через l_a , то время для проведения k циклов расхаживания T_r' можно определить по формуле: $T_r' = k * l_a (1/u_1 + 1/u_2)$. Как указывалось выше, $T_r \geq T_r'$, иначе глинистая корка не будет удалена. Поэтому необходимо иметь запас времени для проведения необходимого количества циклов расхаживания. На практике расхаживание колонн проводилось с различными скоростями: от 0,1 – 0,3 до 1,0 – 1,5 м/с. Подача насосов при расхаживании используется с учетом опыта проведения операции и выражается через скорость восходящего потока. Рекомендуются самые различные скорости восходящего потока: до 4,5 м/с (В.Б. Разумов) [2]. Один из параметров расхаживания – амплитуда. Чтобы выбрать величину, вначале надо определить длину интервала удаления глинистой корки. Амплитуду расхаживания следует определять в зависимости от расстояния между скребками: при расстоянии 9 – 10 м колонну расхаживают на 9 – 12 м [3]. Более правильно: амплитуда расхаживания колонны l_a является определяющей при выборе расстояния между скребками l_c . Если ставится задача удаления глинистой корки большой протяженности L , то, принимая $l_a = l_c$, число скребков $n_c = L/l_a$. Если ставится задача создания перемычек небольшой протяженности, можно принять l_a равной протяженности перемычки, что обеспечит дополнительный резерв времени для проведения процесса расхаживания [5].

Заключение. Есть еще одно колоссальное преимущество цементирования скважин с расхаживанием обсадной колонны в процессе движения в заколонном пространстве тампонажного раствора: перемешивание самого раствора, разрушение защемленных зон глинистого раствора и заполнение этих мест тампонажным, повышение коэффициента замещения глинистого раствора тампонажным, перемешивание загустевающего тампонажного раствора, разрушение его структуры, а следовательно, поддержание активного давления столба тампонажного раствора [5]. Причем этот процесс можно осуществлять до момента, близкого к началу схватывания раствора, когда уже отпадут сомнения о возможности прорыва газа через него или возникновения перетоков между близко расположенными пластами со значительным перепадом давления; при использовании скребков – очищение стенки скважины от глинистой корки. От интервала удаления глинистой корки зависит расстояние между скребками, их число и амплитуда расхаживания. Ее или застоявшийся глинистый раствор в виде налипшей массы рекомендую удалять над продуктивным горизонтом (если разрез не представлен кавернами), хотя немало случаев установки двух-трех скребков: один – против подошвы, другой – против кровли продуктивного пласта. От такого применения скребков пользы не будет. Во всех интервалах глинистую корку целесообразно снимать, особенно там, где есть опасения перетоков из пласта в пласт. Для расхаживания подвешенной обсадной колонны при цементировании можно обходиться имеющимся оборудованием и производить подъем и спуск ее даже на 2 – 2,5 м. Однако можно использовать усовершенствованный нагнетательный манифольд, и тогда расхаживание возможно на длину хода до 12 м.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Булатов А.И. Технологии цементирования нефтяных и газовых скважин. М.: Недра, 1983.
2. Разумов В.Б., Налитов А.Н., Шимаков Р.Х. Комплекс мероприятий по повышению качества цементирования эксплуатационных колонн // Бурение. 1975. Вып. II.
3. Булатов А.И. Газопроявления в скважинах и борьба с ними. М., «Недра», 1996, 318 с.
4. Вадецкий Ю.В. Бурение нефтяных и газовых скважин. М.: Недра, 1985.
5. Попов А.Н., Спивак А.И. Технология бурения нефтяных и газовых скважин. Учебн. – М.: «Недра», 2003-509 с.

© В.И. Зайцев, Я.А. Шишкин, 2019

УДК 004.942

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН

Александр Олегович Шелопугин

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, студент. гр. ИНИМ-18, e-mail alexander.shelopugin@yandex.ru

Аннотация статьи. Строительство нефтяных и газовых скважин – это сложный процесс, на который влияет сотни факторов. По этой причине в данной сфере число непроизводительного времени, аварий и осложнений непрерывно растёт. Решением данной проблемы может быть только тщательный анализ и работа над ошибками. Однако все это не может быть проведено без наличия наиболее полного массива данных о процессе. Решением может послужить создание цифрового двойника, т.е. компьютерного представления конкретного физического изделия, группы изделий, механического или технологического процесса, которое полностью повторяет все то, что делает его физический прообраз, начиная от движений и кинематики, и заканчивая представлением его физической среды и текущих условий эксплуатации, включая движение жидкости и газа.

В данной статье описывается создание и применение цифрового двойника процесса строительства нефтяной скважины.

Ключевые слова: цифровой двойник, экземпляр, анализ видов и последствий отказов.

APPLICATION OF THE TECHNOLOGY TWIN DOUBLE WHEN CONSTRUCTING OIL AND GAS WELLS

A.O. Shelopugin

Advantages of technology high definition survey while drilling oil and gas wells, INRTU, Irkutsk, Russia, e-mail alexander.shelopugin@yandex.ru

The construction of oil and gas wells is a complex process that is influenced by hundreds of factors. For this reason, in this area the number of unproductive time, accidents and complications is constantly growing. The solution to this problem can only be a thorough analysis and work on errors. However, all this cannot be carried out without the most complete array of process data. The solution can be the creation of a digital twin, that is, a computer representation of a specific physical product, group of products, a mechanical or technological process that completely repeats everything that its physical prototype does, starting from movements and kinematics, and ending with the presentation of its physical environment and current operating conditions, including fluid and gas movement.

This article describes the creation and application of a digital twin of an oil well construction process.

Keywords: digital double, instance, analysis of the types and consequences of failures

Введение. Одна из перспективных идей сегодняшнего дня, касающаяся любого производства, это — цифровое моделирование, создание «цифрового двойника».

Цифровой двойник – это виртуальная копия реальных объектов, которая отражает все технологические процессы и работу механизмов.

Цифровой двойник дает широкий спектр возможностей для анализа текущего состояния объекта, планирования мероприятий и техническому обслуживанию, поиска потенциальных проблем и их решений.

Принцип цифровизации производства в последнее время широко распространяется во всех производственных сферы. Однако в области строительства нефтегазовых скважин данный подход до сих пор остается новым, лишь сравнительно недавно крупнейшие нефтяные компании начали задумываться о сокращении производственных потерь за счет создания и дальнейшего анализа детальной модели своих процессов.

Ввиду того что бурение – это сложный процесс, на эффективность которого влияет множество факторов, например, оборудование, квалификация буровой бригады, качество услуг подрядчиков, геологические особенности разреза, конструкция скважины и ее профиль и др., в данной статье предлагается рассмотреть эффективность цифрового моделирования процессов на примере строительства нефтяных и газовых скважин.

Методы исследований. Для построения комплексной модели двойника используются численные методы моделирования физических процессов объекта. В данной работе предлагается использовать FMEA-модель (Failure Mode and Effects Analysis, анализ видов и последствий отказов), основанные на анализе надежности систем. Они могут объединять математические модели отказа со статистической базой данных о режимах отказа. Фактически это методология проведения анализа и выявления наиболее критических шагов производственных процессов [1].

В ходе создания цифровой модели также потребуется цифровой двойник экземпляра (Digital Twin Instance, DTI), который содержит данные по описанию физического объекта. Чаще всего такие модели содержат аннотированную трехмерную модель, данные о материалах, используемых в прошлом и настоящем времени, и компонентах, информацию о выполняемых процессах во всех временных отрезках, итоги тестов, записи о проведенных ремонтах, операционные данные, полученные от датчиков, параметры мониторинга [2].

Цифровизация процесса строительства скважины производится с помощью датчиков, фиксирующих все технологические и технические процессы во времени. Информация с этих датчиков поступает в единую систему приема, хранения и передачи данных. Таким образом, получаем цифровой двойник-экземпляра, который в дальнейшем можно анализировать по каждой составляющей процесса, происходящего на буровой установке.

Более глубокий анализ видов и последствий отказов, содержащий статистические методы обработки данных, проводится на основе созданной цифровой модели-экземпляра.

Результаты. Создание цифрового двойника процесса строительства нефтяной скважины позволило выявить критические процессы, влияющие на общее время продолжительности строительства. Так, например, при бурении секции 155.6 мм были выявлены несколько проблемных составляющих: нара-

щивание, взятие замера перед наращиванием, проработка перед наращиванием, ожидание сигнала (рис.1). Последующий анализ позволил определить истинные технические и технологические причины увеличения времени.

По итогам анализа была предложена система мер по оптимизации процессов, которая в перспективе может сократить время бурения секции на 10-15 суток.

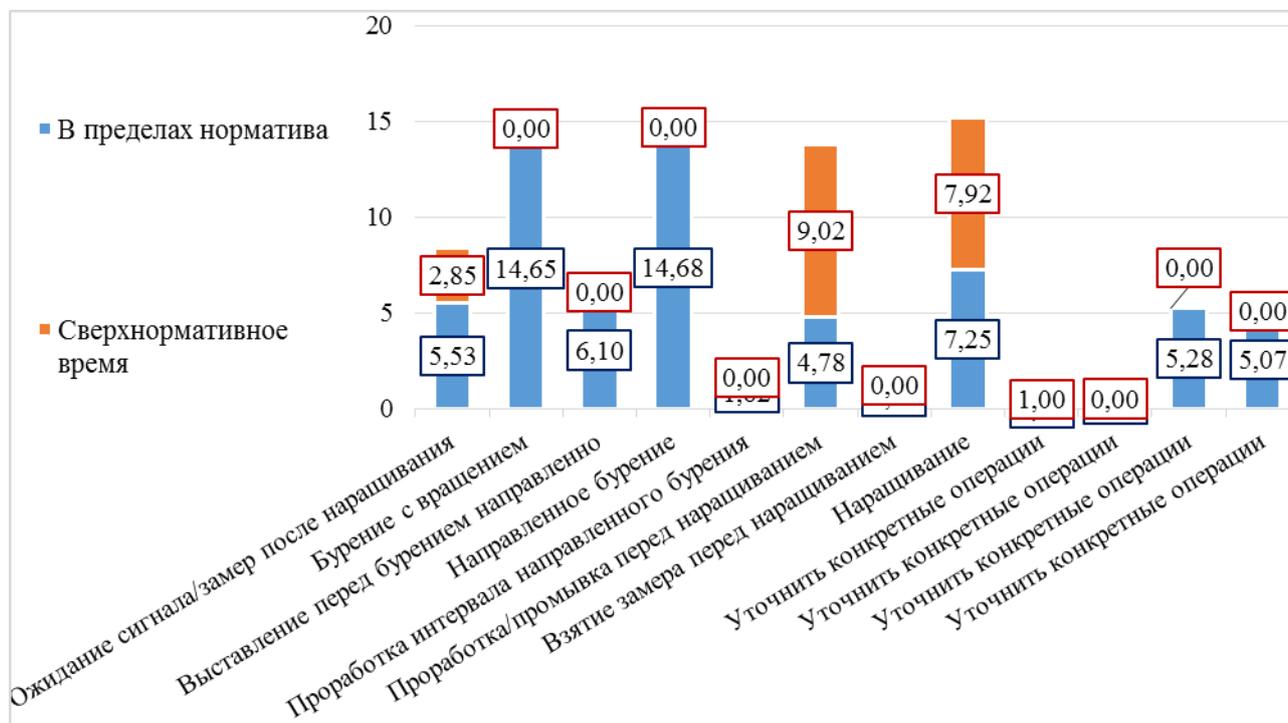


Рисунок 1 – Баланс времени от начала до окончания бурения секции, час

Обсуждение. Цифровой двойник представляет особую ценность, когда он наиболее точно отображает реальное состояние и рабочие характеристики своего физического прообраза.

Какими бы точными, детальными и проработанными не были действия на этапах проектирования, моделирования и подготовки производства, в реальной жизни, как правило, процессы протекают немного иначе и именно цифровой двойник способен выступить тем самым мостиком к необходимой информации о реальной эксплуатации изделий. Данную информацию можно использовать по-разному, например, для оценки узких мест, возможностей для улучшений и изменений, подтверждения целесообразности изменений и т.д.

Принцип работы описанной в статье цифровой модели предполагает непосредственное участие в анализе человека. Однако будущие перспективы технологии могут серьезно уменьшить это участие. Наряду с внедрением комплексного подхода к созданию цифровых двойников еще один значимый тренд в этой сфере – стремление технологических компаний научить виртуальную модель производства не только в мельчайших деталях отражать физический аналог, но и «думать», а также действовать автономно. Именно поэтому развитие возможностей искусственного интеллекта так актуально для цифровизации

производства, и в ближайшие годы работа в этом направлении будет идти очень активно [3].

Заключение. Применение технологии цифрового двойника при строительстве нефтяных и газовых скважин позволит детально описать каждый процесс, происходящий на буровой установке. Такое точное описание открывает для инженера возможности, с помощью которых можно определить истинные причины проблемных мест процесса, что в свою очередь станет основой для разработки оптимальной стратегии при строительстве будущих скважин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Как цифровые двойники помогают российской промышленности [Электронный ресурс]. – Mode of access: <https://rb.ru/longread/digital-twin/> (дата обращения: 03.11.2019)
2. Michael W. Grieves Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication – LLC, 2014, 7 p.
3. Цифровые двойники в промышленности: сегодня и завтра [Электронный ресурс]. – Mode of access: <http://www.iksmedia.ru/articles/5585041-Czifrovye-dvojniki-v-promyshlennost.html> (дата обращения: 03.11.2019)
4. Lee J., Bagheri B., Kao H.A. A cyber-physical systems architecture for industry 4.0-baed manufacturing system //Manufacturing letters. 2015. –Т.3. –С. 18-23.
5. Jack Reid and Donna Rhodes, Digital system models: An investigation of the non-technical challenges and research needs, Conference on Systems Engineering Research, Systems Engineering Advancement Research Initiative, Massachusetts Institute of Technology, 2016.

© А.О. Шелопугин, 2019

УДК 622.32.012.658.567.1

ОТМЫВКА НЕФТЕШЛАМОВ РАСТВОРАМИ ПАВ

Н.Н. Красногорская

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа, Россия

И.Ф. Гладких

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа, Россия

А.В. Купцов

АО «Институт нефтехимпереработки», г. Уфа, Россия

А.Б. Магид

АО «Институт нефтехимпереработки», г. Уфа, Россия

М.А. Магид

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа, Россия,
e-mail: magid-mik@mail.ru

Аннотация статьи. Проведено исследование по определению дозировки и технологических условий для очистки нефтешламов поверхностно-активными веществами (ПАВ). Отмывка производилась от механических примесей и углеводов. В ходе исследований выявлены температуры (60–80°C), при которых вымывается 70–85 % углеводов. Установлена связь между увеличением промывочной воды к нефтешламу до 1:20, эффективности отмывки, при этом, увеличивается в 1,4 раза. По результатам проведённых исследований разработаны условия очистки нефтешламов от углеводов.

Ключевые слова: нефтешламы, поверхностно-активные вещества, растворители углеводов.

Введение. В настоящий период времени остро стоит проблема экологического благополучия окружающей среды, а также минимизация техногенного воздействия на Природу и восстановление естественной среды в местах, несущих на себе следы промышленной деятельности человека.

Ярко выражена проблема накопленных нефтешламов и связанное с этим загрязнение почв. Проблема переработки нефтешламов до сих пор не решена.

В связи с различной природой происхождения и разным составом, нефтешламы подлежат различным видам переработки и утилизации [1,2].

Наибольшую трудность вызывают нефтешламы с высоким содержанием механических примесей (от 40% и более) и с содержанием нефтепродуктов в пределах 10–25% от общей массы нефтешлама.

Известные различные способы переработки нефтешламов:

- отмывка растворителями;
- сжигание.

Но практического применения эти методы из-за экологической и промышленной опасности не нашли. Эффективными методами зарекомендовали себя методы промывки нефтешламов растворами поверхностно-активных веществ [1, 4].

При отмывке нефтешламов водными растворами поверхностно-активных веществ (ПАВ) сталкиваются с такими проблемами как отсутствие стандартных установок, недостаточность разработки физико-химических основ отмывки нефти от механических примесей.

Эффективными методами зарекомендовали себя методы промывки нефтешламов растворами поверхностно-активными веществами или растворителями углеводородов [3, 4].

С целью поиска метода переработки амбарных нефтешламов проводились исследования, в ходе которых определялись наиболее приемлемые реагенты и условия отмывки нефтешламов от углеводородов.

Методы исследований. Объектом исследования являлись амбарные нефтешламы с высоким содержанием механических примесей. Исследования проводились с подогревом до температур 40°C; 60°C; 70°C; 80°C.

В ходе эксперимента исследуемые ПАВ разбавлялись дистиллированной водой, а промывание осадка производилось питьевой водой.

Ход эксперимента:

- отбор нефтешлама в заданном количестве ~30 г;
- к нефтешламу добавлялся приготовленный раствор ПАВ (готовится в пропорциях, рекомендованных производителем);
- смесь нефтешлама – ПАВ нагревалась до температуры (40°C, 60°C, 70°C или 80°C), выдерживалась – 15 мин.;
- осуществлялось разделение фаз: жидкая и осадок;
- жидкая фаза (углеводороды и раствор ПАВ) сливалась;
- осадок промывался питьевой водой (температуры воды 40±5°C; 60±5°C; 70±5°C; 80±5°C);
- объем используемой воды для промывки – 300 мл и 600 мл;

В оставшемся осадке определялось содержание воды по ГОСТ 2477-65, нефтепродуктов – расчётным методом.

Результаты. Результаты отмывки нефтешламов, различными растворами поверхностно-активных веществ, приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты отмывки нефтешлама исследуемыми растворами ПАВ

Марка используемого ПАВ	Отмыто нефтепродуктов из шлама, % при 80°C
Аквапетрол ЭКО	83,9
Неонол АФ	47,9
ИХН-про	66,5
Алмико-09	38,4

При проведении экспериментов выявлено, что качество промывки возрастает с повышением температуры и наиболее эффективными температурами являлись 60–80°C (таблица 2).

Результаты отмывки нефтешлама раствором ПАВ Аквапетрол ЭКО при различных температурах

Показатели ПАВ Аквапетрол ЭКО	Температура рабочего раствора ПАВ		
	40°C	60°C	80°C
Остаточное количество нефтепродуктов в шламе, %	59,1	28,1	16,1
Отмыто нефтепродуктов из шлама, %	40,9	71,9	83,9

Обсуждение. Среди исследованных ПАВ наибольшей эффективностью обладает Аквапетрол ЭКО. При температуре 80°C отмывается 83,9% нефтепродуктов.

При удвоении количества воды для промывки в два раза с 300 мл до 600 мл произошло улучшение показателей отмывки нефтешлама от углеводородов в 1,4 раза.

Исследование циклического использования ПАВ показало, что при повторном использовании 20%-го раствора ПАВ (без промывания осадка водой) эффективность очистки нефтешлама от углеводородов падает с каждым последующим разом: первый раз отмывается 60,7% нефтепродуктов, второй раз – 45,0%, третий раз – 17,8%.

Отходами данного процесса являются:

1. Сточная вода, с содержанием нефтепродуктов до 5% масс и механических примесей до 1%, направляемая на дальнейшую очистку;

2. Механические примеси, с содержанием нефтепродуктов до 10% масс. и воды до 30% масс, которые являются сырьём установки с использованием негашеной извести производства минерального порошка ПУН.

Плотность механических примесей составляет 1,400–1,700 г/см³.

Заключение. Установлено, что из испытанных поверхностно-активных веществ (Аквапетрол ЭКО, Неонол АФ, ИХН-про, Алмико-09), наиболее эффективен Аквапетрол ЭКО. Результат отмывки амбарного нефтешлама превышает 80% при температуре 80°C. Экспериментально выявлено, что увеличение воды для промывки с 300 мл на 30 г нефтешлама до 600 мл на 30 г, улучшает показатели отделения углеводородов от механических примесей в 1,4 раза.

По результатам экспериментов разработана принципиальная технологическая установка. Показаны разные варианты реализации данной установки для отмывки различных типов нефтешламов. Разработаны узлы установки, показаны особенности их конструктивного исполнения в зависимости от характеристик нефтешламов.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Анчугова Е.М., Маркарова М.Ю., Щемелинина Т.Н. Эффективность и экологические аспекты применения растворов поверхностно-активных веществ для разделения фаз механи-

ческих примесей и нефти из нефтешламов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2009. – Т. 11. – №1 (2). – С. 202-207.

2. Красногорская Н.Н., Магид А.Б., Трифонова Н.А. Утилизация нефтяных шламов // Нефтегазовое дело. Экология и промбезопасность. – 2004. – Т. 2. – С. 217-222.

3. Расветалов В.А., Магид А.Б., Купцов А.В. Использование нефтяных отходов в качестве компонентов котельного топлива // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2003. – № 5. – С. 18-22.

4. Филатов Д.А., Сваровская Л.И. Отмыв нефтешлама композициями ПАВ с последующей биодеструкцией нефти в отработанном растворе // Вода: химия и экология. – 2011. – № 2. – С. 41-46.

© Н.Н. Красногорская, И.Ф. Гладких, А.В. Купцов, А.Б. Магид, М.А. Магид, 2019

УДК 504.062.2

СТАБИЛИЗАЦИЯ РАБОТЫ НЕФТЯНОГО ПЛАСТА ПРИ ПРИМЕНЕНИИ ТЕХНОЛОГИИ ГРЕЮЩИХ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ ДЛЯ БОРЬБЫ С ПАРАФИНОВЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ НА НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ

Илья Михайлович Папешин

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, аспирант кафедры обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды им. С.Б. Леонова, e-mail ilyapapeshin@yandex.ru

Валентина Андреевна Домрачева

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, профессор кафедры обогащения полезных ископаемых и охраны окружающей среды им. С.Б. Леонова, доктор технических наук, профессор, e-mail domra@istu.edu

Аннотация статьи. Рассмотрены одно из достоинств применения технологии греющих кабельных линий, помимо основной задачи – борьбы с парафиновыми отложениями, как говорилось в ранее опубликованных работах [5], технология позволяет стабилизировать работу пласта. Проведено исследование термобарических и гидродинамических свойств нефти на примере скважины № 5 Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения, влияние пусков и остановов скважин на работу нефтяного пласта, влияние обводненности скважин после пуска – остановка на количество добываемой продукции.

Ключевые слова: методы увеличения нефтеотдачи, обводненность, парафиновые отложения, рациональное природопользование, греющие кабельные линии.

STABILIZATION OF THE OIL RESERVOIR USING THE TECHNOLOGY OF HEATING CABLE LINES TO COMBAT PARAFFIN DEPOSITS IN OIL AND GAS CONDENSATE FIELDS

Ilya M. Papeshin

Irkutsk National Research Technical University, Russia, Irkutsk, Professor of the Department of Mineral Processing and Environmental Protection named after S. B. Leonova, Postgraduate, e-mail ilyapapeshin@yandex.ru

Valentina A. Domracheva

Irkutsk National Research Technical University, Russia, Irkutsk, Professor of the Department of Mineral Processing and Environmental Protection named after S. B. Leonova, Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail domra@istu.edu

This article discusses one of the advantages of using the technology of heating cable lines, in addition to the main task - the fight against paraffin deposits, as mentioned in earlier published works [5], the technology allows to stabilize the formation. In this work, we studied the thermobaric and hydrodynamic properties of oil using the example of well No. 5 of the Chayandinskoye oil and gas condensate field, the effect of start-ups and shutdown of wells on the operation of the oil reservoir, the effect of water cut of wells after start-up - shutdown on the number of produced products.

Key words: enhanced oil recovery methods, water cut, paraffin deposits, environmental management, heating cable lines.

Введение. Исследования, приведенные в данной статье, являются актуальными, так как не полное извлечение углеводородов является одной из главных проблем в нефтегазовом сообществе, еще нет таких технологий, которые бы могли полностью добыть все ресурсы, находящиеся в нефтеносном пласте.

Целью работы является исследования режима работы нефтяного пласта при применении *технологии* греющих кабельных для борьбы с парафиновыми отложениями

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- 1) провести обзор и анализ литературных источников, связанных с экологическими проблемами при добыче нефти и газа
- 2) провести анализ эффективности существующей технологии борьбы с парафиновыми отложениями
- 3) рассмотреть экологические проблемы при добыче нефти и газа, обусловленные парафинизацией скважин на примере скважин Чаяндинского нефтегазоконденсатного месторождения
- 4) показать эффективность технологии, греющих кабельных линий в сфере рационального природопользования

Материалы и методы. На Чаяндинском НГКМ всего было проанализировано 15 глубинных проб (по пяти нефтяным скважинам) и 14 поверхностных (тоже по 5 скв.).

При анализе проб были выявлены физико-химические характеристики нефти скважины № 5 Чаяндинского НГКМ. Эти характеристики нефти представлены в таблице 1.

Таблица 3

Физико-химические характеристики нефти скважины № 5 Чаяндинского НГКМ

Наименование параметра	Значение	Единицы измерения
Пластовая температура	37	°С
Пластовое давление	24,9	МПа
Плотность нефти	840	кг/м ³
Содержание парафинов	5	%
Газосодержание	151	м ³ / т
Разница между пластовым давлением и давлением насыщения	8	МПа

Анализ физико-химических свойств нефти и текущего состояния разработки Чаяндинского месторождения показал, что нефть на данном месторождении имеет склонность к выпадению парафиновых отложений [5].

Результаты исследования и их анализ. Произведенные исследования скважин с помощью инструментальных гидродинамических замеров и программного комплекса GIBBS показали, что переток воды из высокопроницаемого в менее проницаемый пласт повышает процентное содержание воды после

пуска скважины в работу. При этом остановка скважины способствует усилению ньютоновских свойств нефти, то есть вязкость нефти становится больше, чем у воды и происходит кратковременное увеличение обводненности, а это влечет потери нефти [5,7,8]. Из графика видно, что обводненность от применения метода ГКЛ остается на одном уровне, благодаря непрерывности работы, при этом потери нефти исключаются (Рисунок 1).

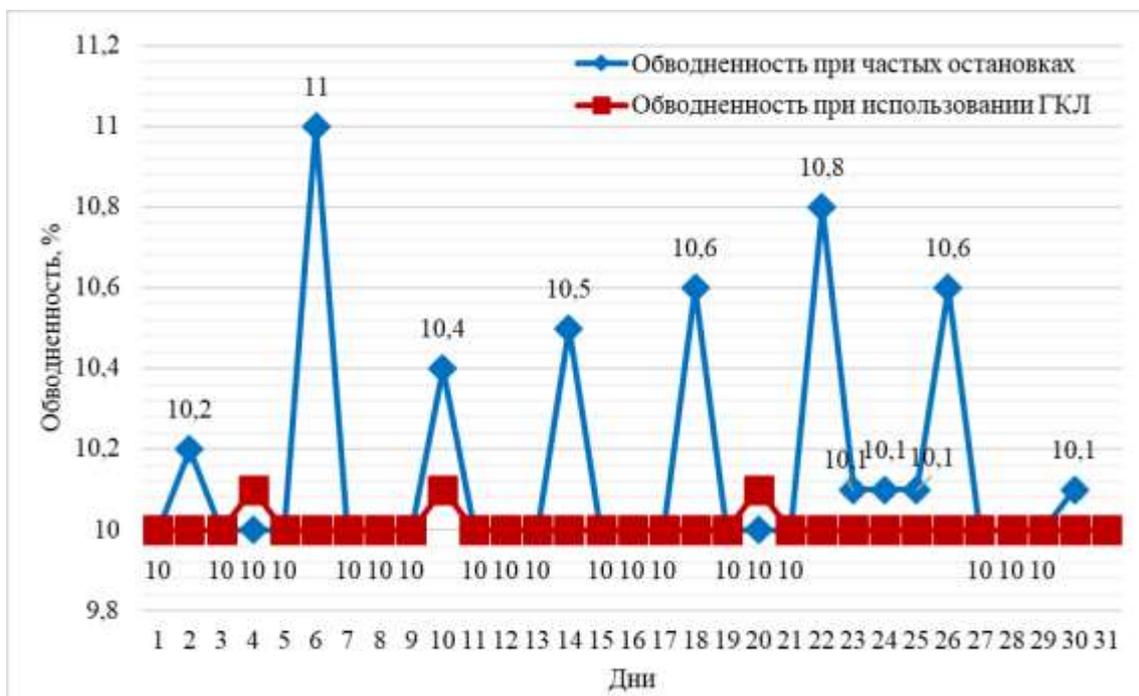


Рисунок 1. Зависимость обводненности скважины от количества пусков и остановок за месяц

Также анализ данных показал, что потери продукции влияют на конечный коэффициент извлечения нефти (КИН).

На рисунке 2 показано влияние кратковременной обводненности из-за количества остановок скважин на коэффициент извлечения нефти (КИН) при использовании традиционных методов и метода ГКЛ.

На гистограмме видно, что использование традиционных методов уменьшают КИН почти на 8%.

Вывод: обводненность продукции влияет на коэффициент извлечения нефти, то есть чем больше количество остановок - пусков и чем больше их длительность, тем меньшее количество углеводородов можно извлечь из нефтяного пласта [8].

Конкретный дополнительный прирост продукции (ресурсов) со всего нефтяного пласта на сегодняшний момент сказать нельзя, так как требует дальнейших исследований (моделирование, расчеты).



Рисунок 2. Увеличение коэффициента извлечения нефти от применения технологии греющих кабельных линий

Обсуждение. Технология ГКЛ позволяет стабилизировать работу пласта за счет непрерывности работы, тем самым уменьшить количество остановок-пусков скважин.

И для каждого месторождения, с учетом его особенностей геологического строения, физико-химических свойств пластовых флюидов и других характеристик, коэффициент извлечения будет разным.

Заключение. Технология ГКЛ является одновременно эффективной и экологически безопасной, что подтверждается не только теорией, расчетами и моделированием, но и практическим опытом различных компаний, особенно она актуальна для удаленных нефтегазоконденсатных месторождений.

Применение ГКЛ позволяет увеличить объемы добычи, что является одним из первых экологически безопасных методов доизвлечения нефти. Также непрерывность добычи нефти влияет на качество нефти, а именно на состав. При частых пусках и остановках возрастает количество механических примесей, содержание воды, что требует больших затрат на очистку и дальнейшую переработку.

Вышесказанное утверждение является также будущим направлением для исследований.

Для количественной оценки прироста продукции, необходимо моделирование процесса добычи с учетом плотности сетки скважин, схемы их расположения, состава горных пород коллектора, необходимо учитывать термобарические характеристики пласта и многое другое

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кирюшин П. А., Книжников А. Ю., Кочи К. В., Пузанова Т. А., Уваров С. А. Попутный нефтяной газ в России: «Сжигать нельзя, перерабатывать!» Аналитический доклад об

экономических и экологических издержках сжигания попутного нефтяного газа в России. — М.: Всемирный фонд дикой природы (WWF), 2013.— 88 с.

2. Буренков А.Е. Разработка и исследование кабелей нагрева для нефтяных скважин. Автореф. дисс. ... канд. техн. наук.: — М.: ВНИИКП, 2013.

3. Рапацкая Л.А., Буглов Н.А., Хао Дунхэн. Нефтегазоносные комплексы восточных регионов России и Китая : монография. – Иркутск : Изд-во ИрННТУ, 2013. – 360 с.

4. www.npk-asn.ru

5. Домрачева В.А., Папешин И.М. Применение тепловых методов для борьбы с образованием парафиновых отложений нефтегазоконденсатных месторождений // Мат-лы Междунар. науч.-практ. Конференции «Перспективы развития горно-металлургической отрасли (Игошинские чтения – 2018)»: [электронный ресурс]. – Иркутск : Изд-во ИРННТУ, 2018. С. 1-4.

6. Постановления Правительства РФ от 13.09.2016 N 913 (ред. от 29.06.2018) "О ставках платы за негативное воздействие на окружающую среду и дополнительных коэффициентах"

7. Подлапкин В.И., Сидорова С.И. “Оценка объемов попутно добываемой воды при разработке нефтяных залежей”. Тр.ВНИИ, вып.120, М., 2015, с.34-41.

8. Зайцев Г.С. и др. “Компьютерная система по диагностике отклонений процесса разработки залежей нефти от проектных решений”. Тр.ВНИИ, вып.125, М., 2011, с.78-83.

9. Савенков В.Ю. “Моделирование процесса нефтеизвлечения для оценки потерь углеводородов вследствие преждевременного вывода скважин из эксплуатации”. // “Нефтяное хозяйство, 2012, №1, с.28-30

10. А.Г. Гумеров, Р.С. Гумеров, Х.А. Азметов, Р.Х. Идрисов, И.С. Бронштейн, Р.З. Каримова, Л.Р. Хакимьянова, Е.Г. Ронжина Методика определения ущерба окружающей природной среде при авариях на магистральных нефтепроводах.

11. Лысенко В.Д. “Определение потерь дебитов и запасов нефти при выключении скважин из эксплуатации”. // “Нефтепромысловое дело”, 2012, №5, с.4-8.

12. Окулов Я.С., Мордвинов В.А. “Оценка возможных потерь извлекаемых запасов нефти при отключении части фонда скважин”. // “Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений”, 2015, №9-10, с.49-52.

13. Урманов Р.З. “Оценка влияния ликвидации и длительного простоя скважин на эффективность выработки запасов нефти Мамонтовского месторождения”. // “Нефтепромысловое дело”, 2009, №8, с.2-4.

14. Казаков А.А. “Методика оценки технологических потерь нефти при временном выводе скважин из эксплуатации”. // “Нефтяное хозяйство”, 2016, №3, с.105-108.

15. Малышев Н.А. “О влиянии остановок скважин на динамику показателей добычи нефти на месторождении Узень”. // “Нефтепромысловое дело”, 2014, №6, с.7-10.

16. Сазонов Б.Ф. “Плотность сетки скважин и её динамика в процессе разработки нефтяной залежи”. Труды ВНИИ, вып.122, М., 2015, с.11-16.

17. Базив В.Ф. и др. “Методические рекомендации по оценке эффективности разработки нефтяных месторождений с заводнением”. // Вестник ЦКР Роснедра, 2017, №4, с.426.

© И.М. Папешин, В.А. Домрачева, 2019

УДК 622.24

ТЕХНОЛОГИЯ STING BLADE

Виталий Иванович Зайцев

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Российская Федерация, г. Иркутск, кандидат технических наук, доцент, e-mail: zaicshev@istu.edu

Александр Олегович Устюжанин

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Российская Федерация, г. Иркутск, студент, e-mail: al.ust7@yandex.ru

Аннотация статьи. В конце 2013 г. компания Smith Bits группы «Шлюмберже», представила технологию StingBlade на рынках России и Казахстана. Одной из первых платформ для ее тестирования стало Куюмбинское месторождение в Восточной Сибири, где эти долота нашли свое применение при строительстве секции под техническую колонну, которая на большинстве разрабатываемых месторождений России представлена в типоразмере 295,3 мм.

Ключевые слова: «Шлюмберже», StingBlade, Smith Bits, Stinger, PDC, Куюмбинское месторождение, бурение, шарошечные долота

STING BLADE TECHNOLOGY

Vitaliy I. Zaitsev

Irkutsk National Research Technical University, Russian Federation, Irkutsk, docent, e-mail: zaicshev@istu.edu

Alexander O. Ustyuzhanin

Irkutsk National Research Technical University, Russian Federation, Irkutsk, student, e-mail: al.ust7@yandex.ru

At the end of 2013, the Smith Bits company of the Schlumberger group introduced StingBlade technology in the markets of Russia and Kazakhstan. One of the first platforms for testing it was the Kuyumbinskoye field in Eastern Siberia, where these bits found their application in the construction of a section for a technical column, which is presented in a size of 295.3 mm in most of the developed fields in Russia.

Key words: «Schlumberger», StingBlade, Smith Bits, Stinger, PDC, Conical diamond element, chert, carbonates drilling

Введение. Литологический разрез интервала бурения под техническую колонну Куюмбинского месторождения представлен, в основном, чередованием доломитов, каменной соли и глинистых доломитов с пропластками известняков и ангидритов. Изначально бурение данного интервала производилось долотами PDC (MDSi716) Smith Bits [1]. Однако процесс строительства секции осложнялся наличием двух интервалов интрузий долеритов, приуроченных к Ангарской и Бельской свитам, где было необходимо использование шарошечных долот (GFfi47) Smith Bits.

В целом бурение секции под техническую колонну проходило в 4 этапа:

1. Использование шарошечного долота для разбуривания оснастки предыдущей обсадной колонны (кондуктора) и начала строительства секции с прохождением интервала долеритов Ангарской свиты;
2. Бурение долотом PDC с необходимым набором параметров кривизны ствола скважины до кровли интрузии долеритов Бельской свиты;
3. Непосредственно бурение интрузии долеритов с использованием шарошечных долот;
4. Продолжение бурения секции долотами PDC, при необходимости, с набором параметров кривизны до проектного забоя [2].

Методы и материалы. Заказчиком, в лице компании ООО «Славнефть–Красноярскнефтегаз», была поставлена задача по сокращению рейсов при бурении 295-й секции на Куюмбинском месторождении. В свою очередь инженерами Smith Bits была проведена опытно-промышленная работа – исключение первого рейса с шарошечным долотом и использование долота PDC серии MDSi716 Smith Bits с резцами класса Premium для бурения интервала из-под башмака предыдущей обсадной колонны до интервала долеритов Бельской свиты. В результате проделанной работы удалось оптимизировать строительство секции за счет сокращения количества спуско-подъемных операций (СПО). Однако средняя механическая скорость проходки за секцию с учетом всех рейсов при этом не изменилась.



Рисунок 1. Долото StingBlade Z716 после бурения всей секции

После тщательно проведенного анализа с помощью инновационных технологий компании Smith Bits, таких как интегрированная система проектирования буровых долот IDEAS, а также анализ метода вычислительной гидродинамики CFD, для решения данной задачи было разработано и предложено долото StingBlade Z716 – новейшая разработка компании Smith Bits.

Конические алмазные элементы Stinger являются частью режущей структуры долота. Благодаря уникальному расположению на лопастях, долото имеет повышенную стойкость к ударным нагрузкам при бурении пород, аналогичных по прочности и свойствам кремнию (Si) и прочим твердых ключений [3].

Результаты. Намеченные заказчиком цели по итогам отработки Z716 в полевых условиях были достигнуты. Секция под техническую колонну пробурена в один рейс.

Прирост МСП за секцию составил 35%, что сократило время, затрачиваемое непосредственно на бурение ствола скважины, на 30 часов. Долото StingBlade Z716 показало хорошую управляемость. Все необходимые параметры кривизны траектории ствола скважины были набраны, и намеченная траектория секции выдержана. За счет сокращения количества СПО в связи с плановыми сменами долот с шарошечного на PDC, и наоборот, на предыдущих скважинах общее время строительства скважины на Кулумбинском месторождении, благодаря внедрению технологии StingBlade, в среднем сократилось на 3-е суток.

Обсуждение. Использование технологии StingBlade позволило:

1. Впервые на месторождении пробурить интервал из-под башмака предыдущей колонны и Доманиковский горизонт одним долотом, без дополнительных спуско-подъемных операций;
2. Увеличить среднюю механическую скорость бурения по секции на 14%, в сравнении со скважиной, где бурение осуществлялось долотами конкурентов;
3. Сократить количество долот и рейсов при бурении секции с восьми до двух и с девяти до четырех соответственно.

Для решения этих задач было предложено долото StingBlade Z813. Применение данного типа долота позволило исключить использование шарошечных долот за исключением первого долбления. Долота StingBlade Z813 позволили сократить количество долот на секцию с 10 шарошечными, 3 шарошечными и 3 PDC, до одного шарошечного и двух долот StingBlade.

В результате долбления впервые удалось пробурить интервал технической воды с последующим переходом на карбонатно-глинистый раствор в одно долбление, углубившись на 1097 м, с рекордной средней рейсовой механической скоростью в 17,69 м/ч. При этом средняя скорость бурения, в сравнении с лучшим показателем долбления среди конкурентов, была увеличена на 60%, и сокращено время бурения данного интервала на 67%. В совокупности с успешным результатом долбления долота StingBlade также удалось сократить количество рейсов при бурении всей секции под эксплуатационную колонну до рекордных 4-х, при этом первый рейс был осуществлен только для разбурки оснастки предыдущей обсадной колонны шарошечным долотом. Время продуктивного бурения с учетом спуско-подъемных операций, в среднем, среди лучших 5 пробуренных скважин на Царичанской площади было сокращено на 55 часов (2 суток).

Одним из первых и ярких примеров использования данной технологии является опыт бурения скважины на Давыдовском месторождении, литологический разрез которого отличается особенной сложностью с точки зрения разбуриваемости горных пород, слагающих интервал бурения под эксплуатационную колонну, как для шарошечных долот с твердосплавными вставками, так и для долот PDC [4]. С целью сокращения рейсов и увеличения механической скоро-

сти проходки компанией Schlumberger Smith Bits было предложено использовать долота StingBlade.

В результате удалось сократить минимальное количество рейсов на бурение верхнего интервала секции 215,9 мм до одного и увеличить механическую скорость бурения с учетом СПО, в среднем, на 4 суток (рис. 2).

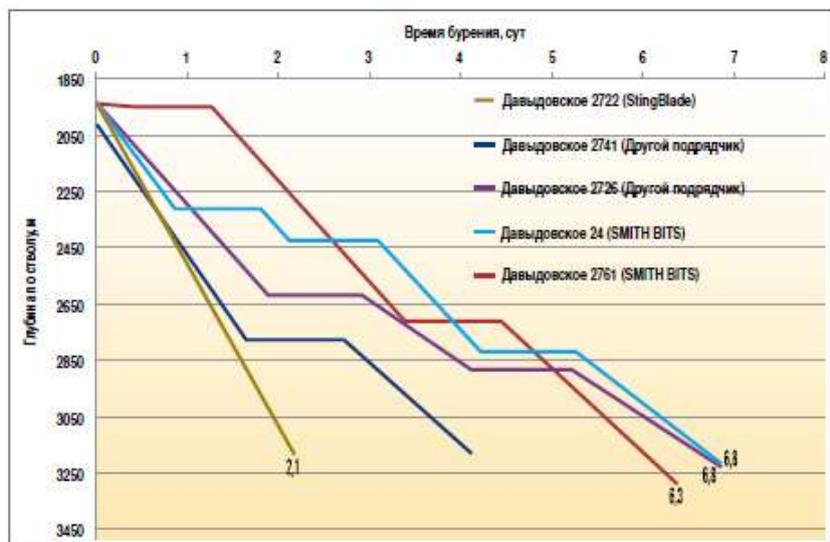


Рисунок 2. График «время механического бурения+СПО» верхнего интервала эксплуатационной секции

Инженерами Smith Bits было подготовлено комплексное предложение по применению долота StingBlade Z813 и роторно-управляемой системы Power-V для поддержания вертикальности ствола скважины [5].

В результате при бурении верхнего интервала проходка на долото была увеличена на 12%, а механическая скорость – на 166%. Это позволило сократить срок бурения интервала на 6 дней, тем самым сэкономить 192 000 долларов. Стоимость метра проходки сократилась на 26%.

Заключение. Начиная с 2013 г., долота StingBlade успешно применяются в самых трудных разрезах России и Казахстана. Данный тип долота может бурить в породах, недоступных для стандартных долот PDC, или там, где это экономически необоснованно и применяются шарошечные долота. StingBlade показывают отличные результаты при бурении абразивных песчаников, карбонатных пород с содержанием кремния, а также в породах с гравием.

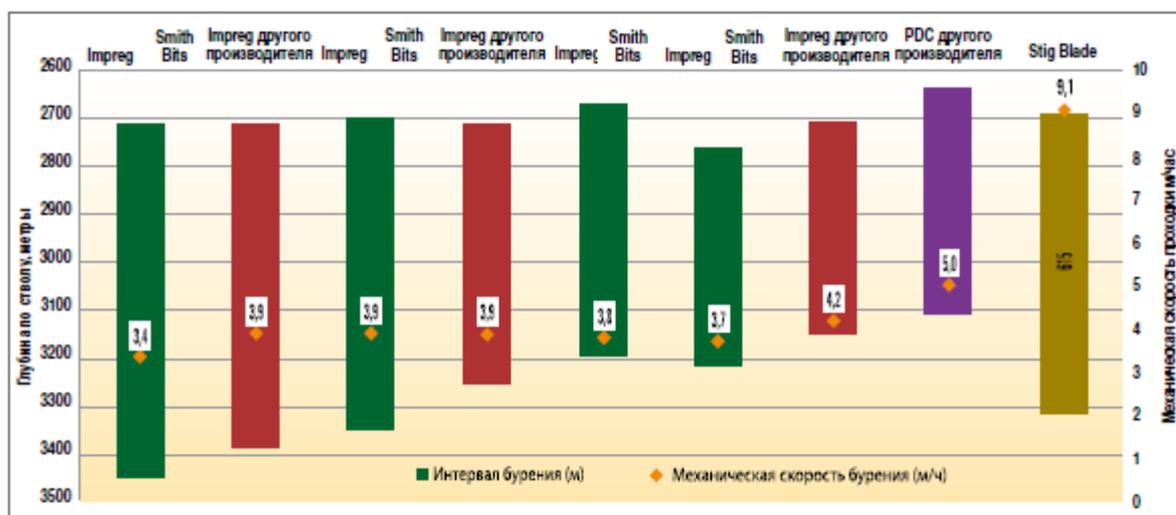


Рис. 10. Результаты бурения верхнего интервала секции 215,9 мм

Рисунок 3. Результаты бурения верхнего интервала секции 215,9 мм

В условиях, где уже применяются долота PDC, StingBlade значительно превосходят их по эффективности. За время тестирования долот StingBlade в России и Казахстане было проведено более 80-ти спусков, где долота с алмазными коническими элементами Stinger показали среднее увеличение проходки на долото на 61% и механической скорости на 21%.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Smith Bits & Smith Services [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.smith.com> (дата обращения: 08.12.2019).
2. Бикбулатов И.К., Вышегородцева Г.И., Гинзбург Э.С., Кершенбаум В.Я. и др. Буровой породоразрушающий инструмент. Долота с фиксированными алмазосодержащими резцами: Международный справочник-транслятор/Под ред. В.Я. Кершенбаума. - М.: Национальный институт нефти и газа. - 2011. - 456 с.
3. Кулябин Г.А., Хлуф А.А. Моделирование работы долота на разрушенном забое // Инженер-нефтяник.- 2010.- № 2.- С.6-8
4. Нескоромных В.В., Пушмин П.С., Надеяев А.А. Повышение эффективности алмазного бурения забойными машинами ударного действия в условиях естественного искривления стволов скважин // Совершенствование техники и технологии бурения скважин на твердые полезные ископаемые: сб. науч. тр. Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. горно-геологич. акад., 2009. Вып. 31. С. 126-129.
5. Чулкова В.В., Ганджумян Р.А. Критерий выбора долота PDC с антивибрационными вставками // Вестник Ассоциации буровых подрядчиков. 2014. № 1. С. 45-48.

© В.И. Зайцев, А.О. Устюжанин, 2019

УДК 550.8.08

ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ ЗАМЕРОВ ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ ПРИ БУРЕНИИ НЕФТЯНЫХ И ГАЗОВЫХ СКВАЖИН

Александр Олегович Шелопугин

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Россия, г. Иркутск, магистрант гр. ИНИм-18, alexander.shelopugin@yandex.ru

Аннотация статьи. Сегодня большая часть работ инклинометрии выполняется с применением акселерометров, магнитометров и гироскопических приборов. Гироскопические приборы лишь отчасти подходят для условий бурения и, в основном, применяются после завершения бурения, теряя при этом свои преимущества в режиме реального времени. Точное позиционирование скважин имеет большое значение для успешной добычи углеводородов. Для достижения геологических задач требуются точные измерения в режиме реального времени при бурении сложных скважин, с множеством геологических целей.

Автором рассмотрены основные аспекты инклинометрии при бурении скважин, а также описаны основные преимущества применения технологии замеров высокого разрешения перед традиционными статическими замерами во время бурения на примере строительства одной из скважин нефтяного месторождения Западной Сибири.

Ключевые слова: замеры высокого разрешения, телесистема с гидравлическим каналом связи, статические замеры.

ADVANTAGES OF TECHNOLOGY HIGH DEFINITION SURVEY WHILE DRILLING OIL AND GAS WELLS

A.O. Shelopugin

Advantages of technology high definition survey while drilling oil and gas wells, INRTU, Irkutsk, Russia, e-mail alexander.shelopugin@yandex.ru

Today, most of the work of inclinometry is performed using accelerometers, magnetometers and gyroscopic devices. Gyroscopic instruments are only partially suitable for drilling conditions and are mainly used after drilling is completed, while losing their advantages in real time. Accurate well positioning is critical to successful hydrocarbon production. To achieve geological tasks, accurate real-time measurements are required when drilling complex wells, with many geological goals.

The author considers the main aspects of inclinometry measurements during well drilling, and also describes the main advantages of using high-resolution measurement technology over traditional static measurements during drilling using the example of the construction of one of the wells in an oil field in Western Siberia.

Key words: high definition survey, telesystem with a hydraulic communication channel, static survey.

Введение. В последнее десятилетие была разработана технология, позволяющая проводить непрерывные измерения при помощи приборов телеметрии во время бурения, с последующей обработкой данных в режиме реального времени. Это позволяет устранить ошибки, связанные с частотой измерений, такие, как ошибка глубины вертикали, а также лучше отражает фактическую искривленность ствола скважины. Обеспечение точности глубины по вертикали с технологией замеров высокого разрешения также предоставляет несколько допол-

нительных преимуществ. Например, сокращение времени бурения на замеры путем увеличения интервала между стационарными замерами без ухудшения позиционной точности. Более точное описание извилистости ствола скважины оказывает влияние на оптимизацию бурения и стратегию завершения скважин, помогая инженерам лучше моделировать нагрузки в процессе бурения [1].

Для начала определим составляющие любого измерения траектории скважины при бурении. Основами измерений при бурении являются [2]:

- координаты устья скважины;
- глубины в точках взятия замеров;
- азимут;
- зенитный угол;

В ходе измерения фактической траектории скважины во время бурения имеет место вероятность ошибки измерения, которая появляется вследствие влияния магнитной интерференции от элементов компоновки низа бурильной колонны, а также магнитных аномалий, бурь и технического и технологического особенностей использования измерительных приборов.

Для оценки неточности в измерениях принято использовать такое понятие как «эллипс неопределенности». Эллипс неопределенности - учитывает систематические и случайные погрешности измерительных приборов с учетом погрешностей с достоверностью до 99% [3].

Неопределенность замеров является результатом:

- ошибки измерения угла и азимута – точность прибора;
- ошибки по глубине;
- ошибки в привязке к северу;
- ошибки по причине намагничивания труб и магнитного окружения;
- ошибки из-за положения прибора в скважине.

Расчетное положение скважины воспринимается как истинное положение. Скважина может находиться в любом месте внутри эллипса неопределенности (рис. 1).



Рисунок 1. Эллипс неопределенности

Для попадания в геологические цели и для анализа предотвращения пересечений скважин необходимо учитывать неопределенность положения.

Очевидно, что чем меньше погрешность измерения, тем выше вероятность попадания в цель. Уменьшение погрешности измерения путем совершенствования измерительных приборов займет немало времени и средств, поэтому, разумно предположить, что простейшим способом минимизации погрешности измерения является увеличение частоты этих самых измерений. Однако с частотой измерений, например, раз в 30 м увеличится коммерческая скорость бурения, а реальная искривленность ствола скважины так и не будет отражена, к тому же, вместе с ростом частоты замеров будут расти и ошибки глубины по вертикали.

В качестве решения описанной выше проблемы предлагается использовать технологию замеров высокого разрешения, которая заключается в фиксации и анализе сигналов гидравлической телесистемы, получаемых во время бурения. Реализация данной технологии позволит сократить погрешность измерения по глубине, зенитному углу и азимуту.

Цель данной статьи – доказать эффективность технологии замеров высокого разрешения.

Задачи данной статьи:

- сравнить траектории скважины, полученные с помощью замеров высокого разрешения и статических замеров, которые используются при бурении подавляющего числа скважин в России;
- определить прямые преимущества предлагаемой технологии и предположить возможные косвенные выгоды.

Методы исследований. Исследование эффективности технологии замеров высокого разрешения было проведено на практике путем сравнения фактически пробуренной траектории скважины, полученной на основе технологии замеров высокого разрешения, и той же траектории скважины, полученной методом традиционного снятия статических замеров инклинометрии. Следует добавить, что реализация исследования не отличалась существенным изменением технических и технологических аспектов бурения и снятия замеров.

В ходе осуществления исследования была использована стандартная телесистема и специально настроенное под данную задачу программное обеспечение.

Непрерывные данные инклинометрии, а также статические замеры с приборов телеметрии были совмещены в интервал замеров высокой плотности с интервалом 3 м. Затем эти данные были проанализированы на предмет различия глубины по вертикали. Обработка выполнялась после завершения бурения секции. В отношении азимутальных данных статические замеры были скорректированы с учетом магнитной интерференции КНБК, используя метод многоочечной коррекции. Данная поправка для статических замеров была применена и для непрерывных данных. Данные зенитного угла корректировались от прогиба КНБК, если это было необходимо [1].

Результаты. Результатами исследования являются две траектории скважины, построенные на основе данных, регистрируемых одной телесистемой с гидравлическим каналом связи по двум разным технологиям (технология замеров высокого разрешения и метод статического снятия замеров). Результаты исследования представлены на рисунках 2 и 3.

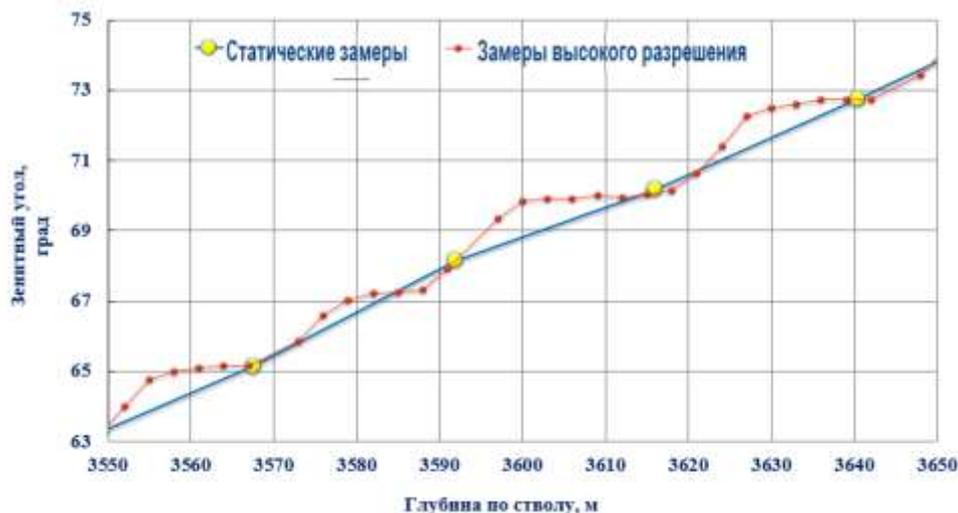


Рисунок 2. Сравнение кривых зенитного угла

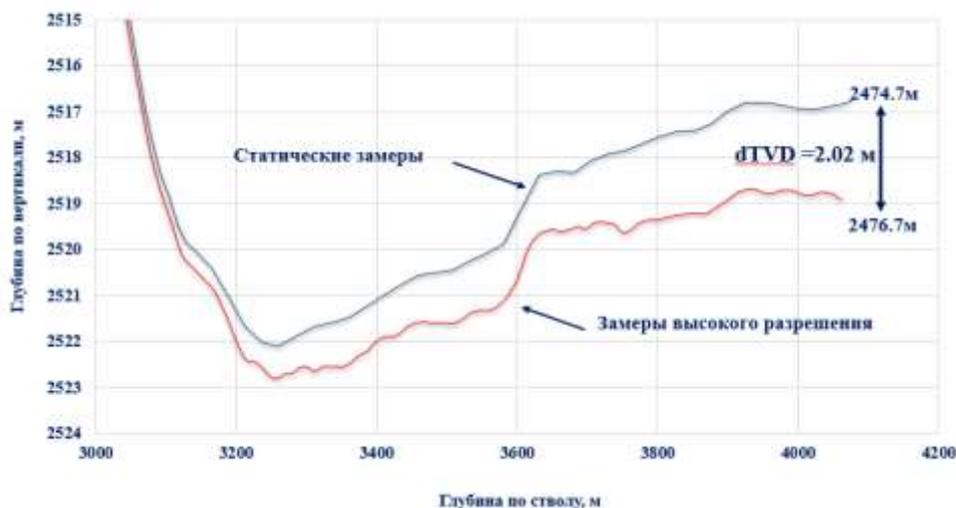


Рисунок 3. Сравнение глубины по вертикали

В итоге мы получили детальное описание траектории ствола скважины с частотой замеров каждые 3 м. Как можно отметить на рисунках, предлагаемая технология обеспечивает более точное изменение зенитного угла в пространстве, а ошибка в глубине по вертикали в данном примере составила 2 м.

Обсуждение. Полученные результаты позволяют учитывать сложную форму ствола скважины, фактическую искривленность и более точное местоположение скважины. Это имеет прямое влияние на точность вычисления глу-

бины по вертикали и позволяет уменьшить вертикальную неопределенность. Исходя из этого можно выделить преимущества и области применения технологии. Итак, технология замеров высокого разрешения позволяет:

- уменьшить ошибку измерения глубины по вертикали, что важно: для пластов малой мощности; для бурения в условиях близости к водо-(газо-)нефтяному контакту или опасным пластам; для обеспечения жестких границ при бурении в горизонтальном участке; для улучшения геологической модели.

- получить точное описание траектории и искривленность замерами с частотой каждые 3 м - информация о реальной искривленности ствола скважины дает возможность выполнить более точный пересчет инженерных нагрузок во время бурения и соответственно влиять на оптимизацию строительства скважины и придерживаться стратегии безаварийной работы;

- уменьшить затраты по времени на снятие статических замеров в участках стабилизации – технология позволит увеличить интервал снятия замеров до 1 замера на 60 м (до 100м), сократить общее время на снятие замеров в 2-3 раза, и соответственно уменьшить сроки строительства скважины;

- улучшить интерпретацию каротажных диаграмм геофизических приборов.

Заключение. Применение технологии замеров высокого разрешения может обеспечить значительную экономию общих затрат по проекту за счет предоставления точных данных в режиме реального времени о местоположении скважин и сократить время, затрачиваемое на съемку. При внедрении передовой обработки данных с высокой плотностью проблемы, связанные с ошибками вертикали, могут быть значительно сокращены. Технология также может играть ключевую роль в достижении целей скважины в сложных сценариях. Замеры высокого разрешения в режиме реального времени могут приводить к совершенно различным решениям по геонавигации в сравнении со статическими замерами. Замеры высокого разрешения выполняются без необходимости прерывать процесс бурения, что позволяет сэкономить время бурения и снизить общую стоимость проекта.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. The Value of High-Definition Wellbore Surveys in an Arctic Land Environment [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.onepetro.org/conference-paper/SPE-184620-MS> (дата обращения: 03.11.2019)

2. А.С. Повалихин. Бурение наклонных горизонтальных и многозабойных скважин./ Под общей редакцией доктора технических наук, профессора А.Г. Калинина – М: Центр-ЛитНефтеГаз. – 2011. – 647 с.

3. Новейший метод инклинометрических измерений: усовершенствованная геомагнитная привязка [Electronic resource]. – Mode of access: <https://burneft.ru/archive/issues/2015-06/43> (дата обращения: 03.11.2019)

4. Anti-Collision Considerations for Arctic and Other High Latitude Locations [Electronic resource]. – Mode of access: <http://dx.doi.org/10.2118/173047-MS> (дата обращения: 03.11.2019)

5. MWD Survey Accuracy Improvements Using Multistation Analysis [Electronic resource]. – Mode of access: <http://dx.doi.org/10.2118/87977-MS> (дата обращения: 03.11.2019)

© А. О. Шелопугин, 2019

УДК 671.12

КЛЕЙМЕНИЕ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

А.И. Рожницына, К.И. Рожницына

Иркутский национальный исследовательский технический университет, кафедра ювелирного дизайна и технологий, студенты гр. ТХб-17-1, г. Иркутск, e-mail: alinarozhicyna@mail.ru, kseniariozhicyna@mail.ru

Вера Евгеньевна Сорокина

Иркутский национальный исследовательский технический университет, кафедра ювелирного дизайна и технологий, кандидат технических наук, доцент, руководитель НИРС, г. Иркутск

Аннотация статьи. В данной статье рассмотрена история клеймения стран западной Европы: Франции, Германии, Англии, изучена история российской системы клеймения. Рассмотрены характерные для каждой страны виды клейм, в соответствии с определенными историческими периодами. Проведено сравнение западноевропейских и российской систем клеймения. Проанализирован предложенный законодательными органами Российской Федерации способ замены традиционного клеймения.

Ключевые слова: клеймо, клеймение, ювелирные изделия, история, закон.

История клеймения ювелирных изделий в западноевропейских странах начинается с 70-х гг. 13 века. Опираясь на источники, можно утверждать, что первой западноевропейской страной, начавшей клеймить изделия своих мастеров, стала Франция; отправной точкой в истории клеймения французских изделий считается 1272 год. Вскоре после этого и другие европейские страны занялись контролем производства и качества ювелирных изделий. Клеймение изделий в Германии берет свое начало в 1289 году; английские мастера начинают маркировать ювелирные изделия немного позже – в 1300-м году [1]. В России этот процесс зарождается лишь несколько веков спустя, в середине 17 века. Столь позднее начало клеймения объясняется разрушительным монголо-татарским нашествием, результатом которого было утеряно большинство памятников культуры, в том числе и ювелирных изделий. Именно поэтому нет достоверной информации о клеймении русских изделий периода XI – XVI веков [2].

Анализ систем клеймения разных стран показал, что французская система является наиболее многозначной, развернутой и сложной. Она отличается от аналогов других стран постоянным процессом учреждения и упразднения типов маркировки. Интересен тот факт, что опубликованный во Франции в 1272 году специальный декрет не регламентировал содержание серебра в ювелирных изделиях. Французский государственный стандарт серебра был официально утвержден лишь спустя 100 лет, в 1378 году и соответствовал 800 пробе. В первых германских клеймах изначально проба также не обозначалась, однако несколько позднее 1289 года цифры пробы проставлялись в одном щитке с гербом города. Англия, напротив, уделяла особое внимание пробе сплавов с дра-

гоценными металлами, поэтому в том же 1300-ом году, (когда и зародилась английская система клеймения), была определена допустимая норма содержания меди в серебряном сплаве, которая соответствовала 75 частям меди к 925 частям серебра. А чуть позже была установлена норма содержания серебра в золотом сплаве, которая равнялась 200 частям серебра на 800 частей золота. Только такие сплавы подтверждались официальным клеймом. В России как такового понятия пробы на этапе становления системы маркировки изделий еще не существовало, однако первые клейма удостоверяли доброкачественность металла, т.е. указывали на соответствие пробируемого серебра признанному законом образцу, проба которого, однако, не была точно определена.

В большинстве своем, в рассматриваемых странах клеймение изделий было связано не только с пониманием необходимости удостоверения качества изделия, но и с желанием пополнить государственную казну. Этим объясняется наличие на изделиях разных стран налоговых клейм, удостоверявших уплату мастером налога на изделие или освобождение его от уплаты такового. Налоговые клейма вводились и изменяли свое начертание во Франции в 1577, 1579, 1672 и 1681 годах. В Англии такое клеймо было введено 1 декабря 1784, с расчетом на временное использование, однако просуществовало оно более 100 лет, вплоть до 1890 г.

Несмотря на то, что в Англии обязательное клеймение серебряных изделий появилось несколько позднее, чем в других рассматриваемых странах, всё же именно эта страна считается родоначальником законодательно утвержденного порядка апробации и клеймения изделий из драгоценных металлов (1300 г.) [1].

Во Франции, как и в Германии, самым первым клеймом становится так называемая *town mark* или городская марка (см. рисунок 1), в то время, как в Англии на изделиях изображают морду льва в короне («королевская марка») – знак соответствия сплава законно установленной норме. В России же исторически первым клеймом стало клеймо государственной гарантии, изображавшее двуглавого орла с опущенными вниз заостренными крыльями.



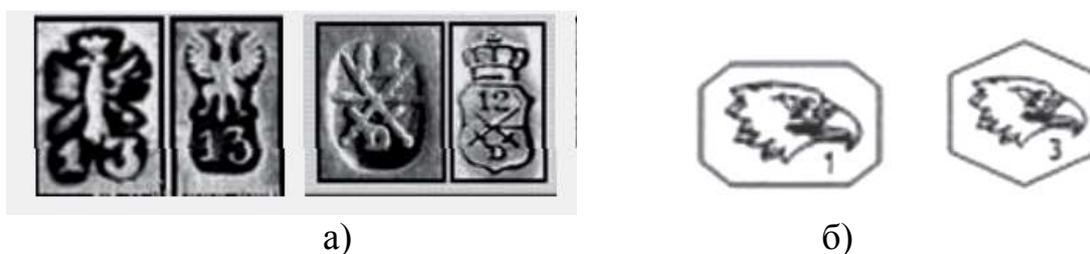
а – Бордо, 1270-е гг.; б – Марсель, 1270-е гг.; в – Париж, 1272 г.; г – Камбре, 1315 г.; д – Тулуза, 1500 г.; е – Труа, 1369 г.; ж – Валенсия, 1625 г.

Рисунок 1. Примеры оттисков городских клейм на старинных французских изделиях

Постепенно, с развитием и расширением знаний о драгоценных сплавах, европейские страны увеличивают количество официальных проб. К узаконенной в Англии в 1300-ом году 925-ой пробе серебра постепенно добавляется 958 серебряная проба (сер. 17 в.), а к существующей золотой 800 пробе присоединяются 750 (1478 г.) и 916 (1576 г.) пробы. В 16 веке во Франции появляются

800, 850, 900 и 950 пробы серебряного сплава, обозначение которых проставляется в отдельном щитке. В России 13 февраля 1700 года узаконены 4 серебряные (645, 708, 875 и 916) и 4 золотые (583, 750, 854 и 958) пробы. Стандартными пробами серебра в Германии 19-го века являются 800, 835, 900, 925 и 935 пробы.

Каждая из рассматриваемых стран (Франция, Англия, Россия, Германия) придерживалась своей системы проб. До появления каратной системы проб в западной Европе среди германского, скандинавского и кельтского населения действовала лотовая проба. Лотовая система соответствовала числу лотов драгоценного металла в 16 лотах (1 кельнской марке) пробируемого сплава. Таким образом, чистое серебро в ней было равно 16 лотам, серебряный сплав пробой 12 лотов содержал 12 частей серебра и 4 части меди и количественно был равен 750 метрической пробе. Исходя из найденных клейм, можно предположить, что в основном немецкие мастера изготавливали изделия пробой 12 и 13 лотов, соответствовавших 750 и 812 метрическим пробам (см. рисунок 2, а) [3]. Великобритания придерживалась каратной системы проб, основой которой является количество карат основного благородного металла в 24 каратах сплава. В России система проб была построена на основе русского фунта, содержащего 96 золотников. То есть 96 золотников указывали на чистое золото или серебро, изделие пробой 72 золотника содержало 72 части благородного металла и 24 части лигатуры, что соответствует 750 пробе и т.д. Примечательно, что во французских клеймах проба указывалась и в настоящее время указывается одной цифрой, например, 1,2 или 3 (см. рисунок 2, б), которые, в свою очередь, соответствуют следующим метрическим пробам: для золотых изделий 1 обозначает чистое золото, 2 – 750 пробу, 3 – 585 пробу; в серебряных изделиях 1 обозначает 950 пробу, а цифра 2 – 800 пробу [4].



а – городские клейма Германии, совмещенные со знаком пробы на серебряных изделиях г. Франкфурт-на-Майне (слева) и г. Дрезден (справа) [3];

б – клейма государственной гарантии Франции изделий 915 (слева) и 750 (справа) проб

Рисунок 2. Примеры клейм

Для изделий, производимых в западноевропейских странах, существовал определенный набор обязательных клейм, который устанавливался каждой страной самостоятельно. Так, начиная с 1478 года на изделиях английских мастеров должны были стоять три клейма: королевская марка, клеймо города и годовое клеймо. Позднее этот набор пополнился клеймом Лондонской гильдии ювелиров с фигурой идущего льва (1544 г.) и клеймом мастера (17 в.). Во

Франции 16-го века на изделиях обязательно должны были содержаться: клеймо мастера, королевское клеймо в виде короны и годовое клеймо в виде буквы, помещенное в щиток королевского клейма. С 1798 г. упразднена система клеймения, обязательными становятся: клеймо государственной гарантии с галльским петухом, номер пробы с буквой (год изготовления) и клеймо мастера. В Германии конца 19 века на изделия из серебра непременно наносились клеймо государственной гарантии в виде обращенного вправо полумесяца – подтверждение соответствия изделия пробе, клеймо с указанием стандарта пробы, клеймо с символом города и клеймо мастера-изготовителя. В России с 1733 г. на всех изделиях должны были стоять следующие клейма: городское клеймо, годовое клеймо, совмещенное с инициалами пробирного мастера, клеймо с пробой, клеймо мастера-изготовителя.

Французские клейма «именники» мастеров-производителей или фирм располагались, как правило, в ромбическом щитке [4]. Германские именные клейма не ограничивались какой-либо определенной формой и были крайне разнообразны. Клейма английских и русских мастеров обычно располагались в прямоугольниках, иногда с закругленными краями, однако, это не являлось официальным требованием.

Кроме того, каждая из рассмотренных стран разработала собственные виды клейм для импортных изделий. Импортные изделия Франции помечались клеймом ET (etrange – иностранное) в прямом прямоугольном щитке; для ввозимых в Великобританию изделий был введен «знак импорта» - буква F (foreign - иностранный) в овальном щитке; в России импортные товары помечались клеймом ПТ (привозной товар) [3].

В настоящее время во всех европейских странах существует обязательный одинаковый набор клейм на ювелирные изделия: клеймо производителя, знак пробы, знак пробирной инспекции (см. рисунок 3) Несмотря на это, в Германии обязательным является лишь одно клеймо – клеймо, отражающее массовое содержание металла [5]. Германский закон никак не регулирует клеймение изделий и украшений из платины и палладия и клеймение изделий из данных драгоценных металлов совершается добровольно и произвольно.



Рисунок 3. Знаки пробирных инспекций европейских стран [5]

Помимо обязательных существуют и дополнительные, необязательные клейма, которые могут быть проставлены на ювелирных изделиях в добровольном порядке [1]. В Великобритании это клеймо, обозначающее вид сплава (см. рисунок 4, а), годовое клеймо и клеймо импорта. Для наглядности на рисунке 4, б приведен пример клеймения современных золотых ювелирных изделий Великобритании.



а) б)
 а – примеры клейм, обозначающих вид сплава[6];
 б - полный набор клейм на современных золотых изделиях Великобритании [1]

Рисунок 4. Клейма в Великобритании

В России в настоящее время в ведутся обсуждения о необходимости обязательной маркировки российских ювелирных изделий с использованием специального чипирования. Министерство финансов РФ предлагает запустить данный проект с 1 января 2020 года. Другая инициатива Минфина заключается в предложении освободить производителей серебряных изделий от их клеймения и проставления проб. Ведомство полагает, что следует разрешить им делать это в добровольном порядке. Следует отметить, что уже проводился пробный эксперимент по запуску данного проекта, к которому, однако, торговые организации подключились без энтузиазма (около 7%). Предполагается, что подобное чипирование позволит контролировать движение ювелирных товаров от стадии производства до продажи, и покупатель, при помощи специального приложения, будет иметь доступ ко всей необходимой информации: кем произведено украшение, каков его вес, какой драгоценный металл был использован, какой камень и т.д. [7]. Нововведение должно помочь контролирующим органам следить за оборотом драгоценных металлов и ювелирных изделий, в то же время оно повлечет дополнительные расходы для производителя, что станет причиной удорожания готовой продукции. Кроме того, на данный момент остается нерешенным вопрос о том, как именно будет производиться чипирование ювелирного изделия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Forbes J.S. Hallmark: A History of the London Assay Office. London: Unicorn Press, 1998.
2. Постникова-Лосева М.М., Платонова Н.Г., Ульянова Б.Л. Золотое и серебряное дело XV-XX вв. М.: ТРИО, 1995. 373 с.
3. Каталог клейм изделий из драгоценных металлов [Электронный ресурс] : сайт. Режим доступа: www.theiaao.com.
4. Rushforth R.W.E. International Hallmarking – Pipe dream or Possibility // Proc. Santa Fe Symposium. 1999. P. 461-485.
5. The International Association of Assay Offices [Электронный ресурс] : сайт. Режим доступа: www.theiaao.com.
6. Hallmarks on Gold, silver and Platinum. London: The Assay Offices of Great Britain. 19 p.
7. Маркировка ювелирных изделий / Драгоценные металлы. Драгоценные камни – М., 2019. - № 6 – С. 74-75.

© А.И. Рожницына, К.И. Рожницына, В.Е. Сорокина, 2019

УДК 7.023.1-0.33.5

МИНИАТЮРНАЯ РОСПИСЬ НА ЮВЕЛИРНЫХ ВСТАВКАХ

А.О. Ковтун

Иркутский национальный исследовательский технический университет, кафедра ювелирного дизайна и технологий, студент гр. ТХб-17-1, г. Иркутск, e-mail: ana.riv@yandex.ru

Татьяна Владимировна Анисимова

Иркутский национальный исследовательский технический университет, кафедра ювелирного дизайна и технологий, доцент, руководитель НИРС, г. Иркутск, e-mail: a.t.v.999@mail.ru

Аннотация статьи. Большинство ювелиров стараются сделать свои изделия с индивидуальным дизайнерским решением, чтобы привлечь и поддержать интерес для покупателей. Безусловно, важную роль играет дизайн и художественное решение изделия, а также материал, из которого оно изготовлено. Традиционно при изготовлении ювелирных украшений применяются вставки из природного камня, который в настоящее время хорошо имитируют другими более дешёвыми камнями, или их аналогами - стеклом или пластиком. Этот факт обусловлен рядом причин: не всегда удастся отыскать качественный материал для вставок, много некондиционного сырья с трещинами и не выразительной текстурой. Здесь и проявляется работа дизайнера, который обязан решить эти задачи, разрабатывая выигрышный дизайн будущего изделия. Например, для маскировки каких-либо дефектов в природном камне может помочь ручная роспись. Любая кропотливая работа высоко ценится. Поэтому миниатюрная роспись всегда привлекала внимание потребителей.

Ключевые слова: роспись, акрил, миниатюра, роспись камней, роспись по стеклу, кабошон для украшений, оптические эффекты.

Для того чтобы создать уникальный дизайнерский продукт необходимо изучить человеческий накопленный опыт в этом направлении. Начнем с древнейших времен (даты). Так в Индонезии в пещере Сулавеси находятся самые первые изображения известные человеку, которым более 39 000 лет (см. рисунок 1, а). Данные отпечатки рук довольно осмысленное изображение, но пока эти попытки нельзя в полной мере назвать "росписью" [1]. Подобная настенная живопись пройдет ещё множество трансформаций, перед тем как станет «росписью» в том понимании, в котором она находится на сегодняшний день.

Следует упомянуть фаюмские портреты, которые создавались для ритуала погребения в Древнем Египте во времена римского владычества I—III веков нашей эры (см. рисунок 1,б) В портретах использовались восковые краски с блестящей фактурой густо наложенными мазками. Художник применял металлический инструмент для наложения разогретой массы восковой краски и также употреблял кисти. Таким образом, миниатюрная живопись все больше проникает в мир искусства.

Рассмотрим для примера развитие миниатюрной росписи в России XVIIIв. Петр Коробов потомственный московский купец в 1795 году построил небольшую фабрику в Мытищинском уезде по производству лаковых козырьков и табакерок. Табакерки стали отделывать, наклеивая на них картинки, покрытые

лаком. Живописная миниатюра появилась лишь к 1914 году. На всех шкатулках и табакерках стали появляться изумительно – красивые расписанные мини-картины (см. рисунок 1, в) [2].



а) Первые изображения в пещере Сулавеси б) Портрет юноши. II век н. э. в) шкатулки и браслеты экспонаты музея Федоскинской фабрики

Рисунок 1. Миниатюрная роспись

Миниатюрная роспись стала появляться не только на деревянных шкатулках и домашней утвари, но и на посуде, изготовленной из фарфора или металла. В дальнейшем ею стали расписывать фарфоровые вставки, которыми украшали мебель и ювелирные изделия (см. рисунок 2, а,в). Искусством миниатюрной росписи были изготовлены самые первые часы «BOVET 1822» (см. рисунок 2, б).



а) Мебель с фарфоровыми вставками рококо XVIII век; б) Часы фирмы BOVET «BOVET 1822»; в) Брошь "Серебряный век", Limoges, Франция, конец XX века. Размеры 5 x 5 см

Рисунок 2. Миниатюрная роспись в изделиях

Роспись выполнялась совершенно на разных материалах. Началом росписи по стеклу можно считать роспись витражей. Изначально изготавливали однотонные стеклянные пластины без росписи. На рынок стали поступать «подделки», их расписывали непрочными масляными красками [3]. В настоящее время роспись ведется витражными красками, варианты росписи по стеклу представлены на рисунке 3.



Рисунок 3. Варианты росписей по стеклу (витраж)

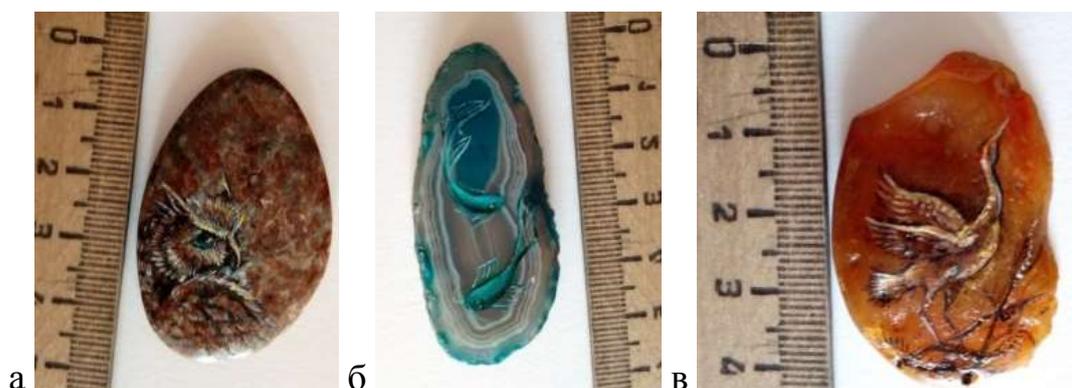
В ювелирных изделиях роспись часто применяют для скрытия, каких-либо дефектов камня. Этот прием позволяет облагородить вставку и увеличить стоимость будущего изделия.

При выполнении миниатюрной росписи на камне главной задачей является перенос эскиза на камень или иной материал, в зависимости от авторской задумки. Необходимо точно подобрать масштаб и цветовую палитру для данного образца камня. При нанесении изображения следует учитывать текстуру камня, его индивидуальные особенности, подбирать нюансные не выбивающиеся цвета, чтобы изображение гармонично вписывалось в каменную основу (см. рисунок 4 и 5).



Рисунок 4. Роспись по гальке с подбором нюансных цветов (эпидот, акрил, Ковтун А.О., 2018)

На рисунке 5 в ставках с миниатюрной росписью учитываются особенности природного камня: на гранитной вставке пятнистая текстура камня подсказала сюжет росписи (см. рисунок 5, а); на срезе агата с характерными концентрическими линиями был изображен «водоворот» с миниатюрными рыбками (см. рисунок 5,б); на необработанной гальке сердолика с трещинами и рытвинами росписью удалось увеличить дизайнопригодность будущей вставки (см. рисунок 5,в).



а) гранит, акрил; б) агат, акрил; в) сердолик, акрил

Рисунок 5. Роспись по ювелирно-поделочным камням с подбором нюансных цветов, Ковтун А.О., 2018

Все чаще можно встретить изделия со вставками из эпоксидной смолы (см. рисунок 6). Это один из современных материалов для создания различной бижутерии, которая доступна и рациональна в изготовлении в условиях мелкосерийного производства. Его также можно расписать, выявив его структуру и декоративность.



Рисунок 6. Роспись по эпоксидной смоле (акрил, Ковтун А.О., 2018)

Одним из популярных материалов для ювелирных вставок является кабошон. Выпуклая часть кабошона является его лицевой стороной, она гладкая не имеет трещин и зазубрин. На такие изделия легко наносится декоративная роспись [4].

Роспись – времязатратный процесс, требующий большой концентрации внимания. Одно неверное движение может испортить работу. Особенно это важно на последних этапах. При создании миниатюрной работы на обратной стороне стекла следует учитывать, что изображение в конечном итоге будет перевернутым. Изображение переднего плана сюжета наносится в первую очередь, а дальнего в последнюю (см. рисунок 7, а). При рисовании с лицевой стороны, сначала наносится дальний план, затем он перетекает в передний.

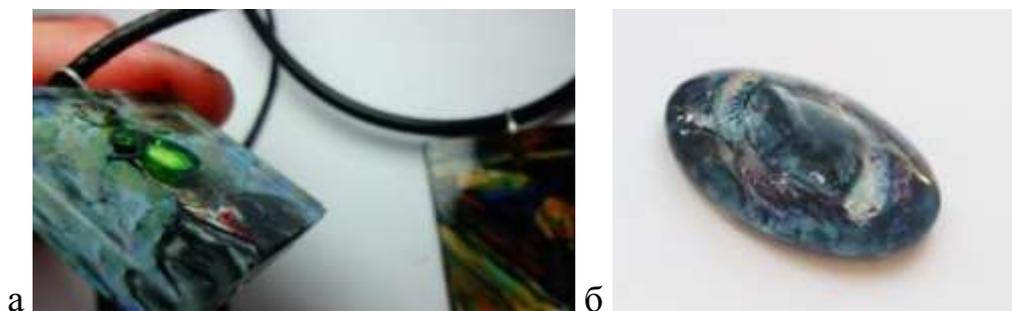
Полное покрытие лицевой стороны кабошона выглядит плоско и неинтересно (см. рисунок 7,б).



а) пейзаж полностью выполнен на задней поверхности; б) пейзаж на лицевой поверхности (изображение выглядит плоско, видны неровности краски)

Рисунок 7. Роспись кабошона

С помощью стекла можно добиться объемного изображения, нанося краску на разные поверхности. Например, на рисунке 8,а фоном служит изображение человека (портрет) выполненный с задней стороны стеклянной плитки, а объем создается изображением яблока, нанесенным на лицевую поверхность. На рисунке 8,б можно увидеть, что рыбы находятся на разных сторонах кабошона.



а) квадратная плитка; б) кабошон

Рисунок 8. Послойная передача объема на стекле

У потребителя ювелирной продукции есть конкретная цель, - украшение должно быть легким и подходить к любым нарядам. С такой задачей может справиться не полностью расписанная вставка, где прозрачный фон может взаимодействовать с выбранным образом (см. рисунок 9).



а) «Енот» стекло, акрил, лак; б) «Фламинго» стекло, акрил, лак

Рисунок 9. Роспись по стеклу по задней поверхности Ковтун А.О., 2018

Ещё одной важной задачей является закрепление красочного слоя на поверхности стекла, камня или другой поверхности, так как акриловые или масляные краски под физическим воздействием могут быстро стираться (особенно если красочный слой нанесен на тыльную поверхность изделия). Краску можно закрепить с помощью различных лаков на акриловой основе или эпоксидной смолы. Также вторым слоем можно использовать водоотталкивающую краску. Краска, лак или эпоксидная смола увеличивает толщину слоя и защищает роспись. Можно быть более уверенным в том, что при физическом воздействии красочный слой защищен другими слоями. При нанесении красочного слоя с лицевой стороны вставки возникает ряд других проблем. Защитный слой в этом случае должен быть как можно более незаметен. Эпоксидную смолу нужно будет тщательно отполировать, но при чрезмерной полировке есть риск задеть красочный слой. В данном случае больше подойдут лаковые покрытия.

Исходя из вышесказанного и представленного, можно сделать вывод, что роспись один из интереснейших процессов создания небольшого шедевра на стекле или камне. Каждый мастер выбирает тот способ и материал для создания изделия, который ему близок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. История росписи [электронный ресурс]: Елен. Арт. URL: <http://www.e-len-art.com/history>
2. Федоскинская фабрика миниатюрной росписи [электронный ресурс]: Отзовик URL: http://otzovik.com/review_3851789.html
3. Витраж [электронный ресурс]: Википедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B8%D1%82%D1%80%D0%B0%D0%B6>
4. Что такое кабошоны [электронный ресурс]: lingvoprofessional URL: <http://lingvoprofessional.ru/35224>

© А.О. Ковтун, Т.В. Анисимова, 2019

УДК 74.01/09

ВЫПОЛНЕНИЕ ЭСКИЗНЫХ ПОИСКОВ КОМПОЗИЦИОННЫХ МОДУЛЕЙ ДЛЯ КОМБИНИРОВАНИЯ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ СТИЛИЗАЦИИ ЖИВОТНОГО (ГАЗЕЛИ)

К.И. Рожцына

Иркутский национальный исследовательский технический университет, кафедра ювелирного дизайна и технологий, студенты гр. ТХб-17-1, г. Иркутск, e-mail: alinarozhicyna@mail.ru, kseniariozhicyna@mail.ru

Татьяна Владимировна Анисимова

Иркутский национальный исследовательский технический университет, кафедра ювелирного дизайна и технологий, доцент, руководитель НИРС, г. Иркутск, e-mail: a.t.v.999@mail.ru

Аннотация статьи. В данной статье поэтапно описан процесс выполнения натуральных зарисовок и стилизации образа животного (антилопы). На основе чего выполнен ряд эскизных поисков композиционных модулей, которые в дальнейшем будут использованы при комбинировании ювелирных изделий. Описаны также различные способы стилизации,

Ключевые слова: композиция, стилизация, методы стилизации, эскиз, ювелирные изделия, животное, антилопа, газель.

Дизайнер сейчас, как и во все времена, непременно обязан располагать знаниями о композиции и иметь хороший художественный вкус. Область композиции, непосредственно рассматривающая методы стилизации того или иного объекта, является одной из значимых областей, содержащих способы создания и моделирования образа для дизайн-проектирования. Востребованными публикой всегда считались изделия, стилизованные и создающие образы природных объектов растительного и животного мира, что, в свою очередь, является широким полем для воплощения творческого замысла.



Рисунок 1. Натурная зарисовка газели в карандаше

В данной работе для изучения выбрано животное - газель. Для ювелира, как для художника, интерес к образу данного млекопитающего заключается в первую очередь в том, что окрас и анатомия его чрезвычайно привлекательны для человеческого глаза.

На рисунке 1 представлена натурная зарисовка газели, отражающая внешний вид животного, а также его характерные черты – длинные ноги и рога, ярко выраженные глаза.

Выделив в образе животного характерные особенности и различив в них простые геометрические формы, постараемся с помощью определенной комбинации этих форм воспроизвести полный образ животного в различных методах: используя «наложение», «пересечение» и «соединение» (см. рисунок 2).

Это поможет значительно упростить процесс изготовления изделия на практике, а также даст простор фантазии для совершенно нового восприятия обыденных вещей и создания эксклюзивных авторских изделий. На рисунках ниже представлены варианты комбинации простых геометрических фигур на основе образа газели.

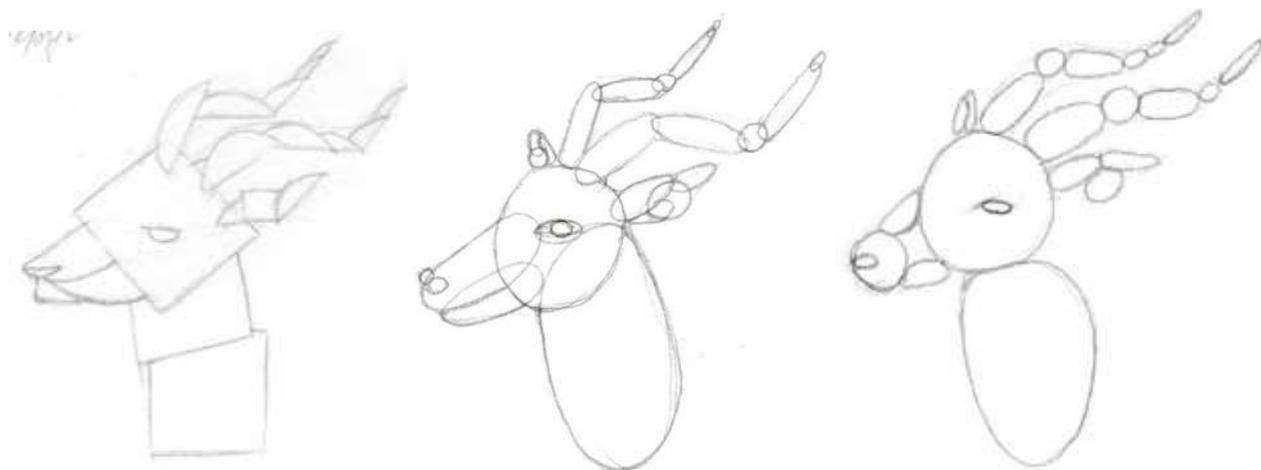


Рисунок 2. Стилизация при помощи «наложения», «пересечения» и «соединения»

Представленные выше образы легко можно воспроизвести в материале, где плоские, угловатые фигуры будут переведены в металл, округлые объемные – в кабошоны ювелирных и поделочных камней. Ниже представлен вариант плоскостного изделия, собранного из пластин металла (см. рисунок 3)



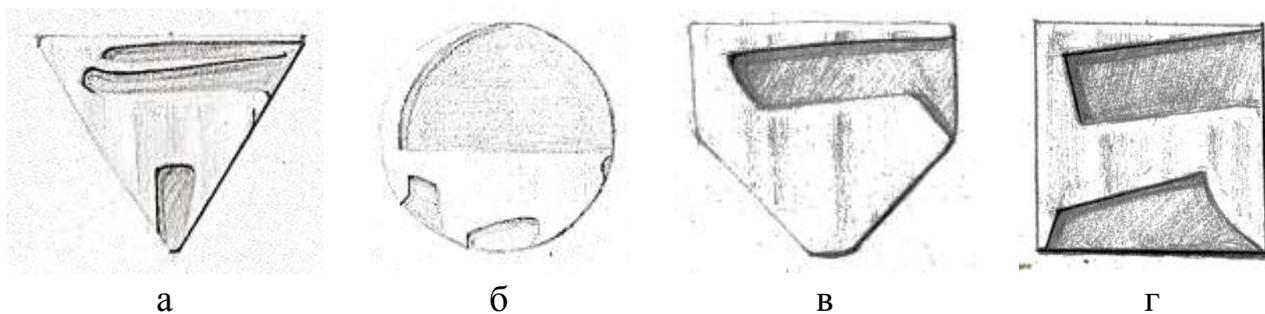
Рисунок 3. Изделие из сплошных пластин металла

Помимо стилизации геометрическими фигурами и формами существует и стилизация линией, также являющаяся очень интересной для восприятия. Ниже приведены авторские варианты данного метода стилизации на основе образа антилопы, а также возможные варианты готовых изделий из проволоки различного диаметра, основанные на данном методе (см. рисунок 4).



Рисунок 4. Изделия из проволоки различного диаметра

Иногда для полноценного воплощения творческих замыслов одной лишь проволоки как материала оказывается недостаточно. Для того, чтобы расширить возможности дизайна, необходимо использовать и цельные пластины металла, сочетая в них различные техники. Для возможности появления таких изделий более подходит следующий метод стилизации: вписывание образа в один из геометрических модулей (круг, квадрат, треугольник, многоугольник и т.д.). В нашем случае образ антилопы удачно вписался в треугольник (см. рисунок 5а), круг (см. рисунок 5б), неправильный шестиугольник (см. рисунок 5в) и квадрат (см. рисунок 5г).



а – в треугольник; б – в круг; в – в неправильный шестиугольник; г – в квадрат

Рисунок 5. Примеры вписывания образа газели в различные геометрические фигуры

Результатом применения рассмотренных выше методов к основному образу данной работы, газели, стала линейка украшений, объединенных схожими геометричными образами, вписанными в композиционные модули (см. рисунок 6 – 10).

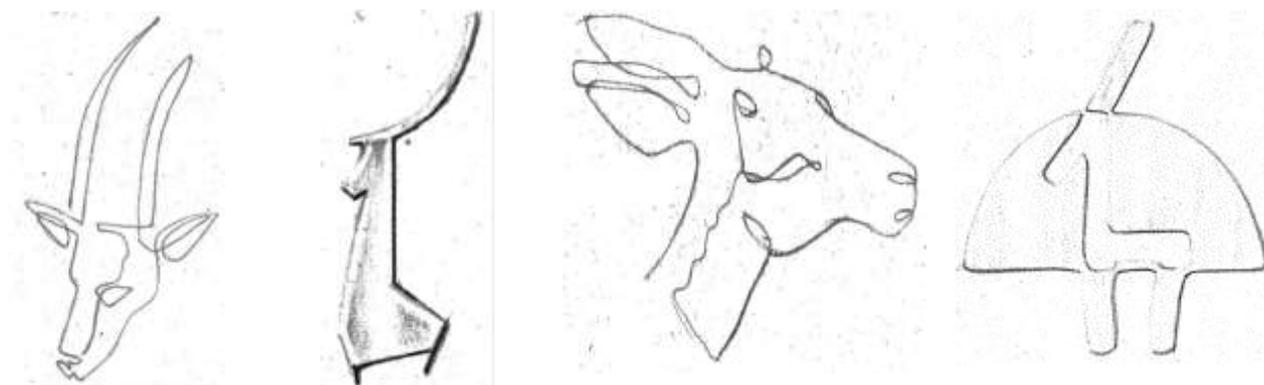


Рисунок 6 – Линейка серег «Elegant»

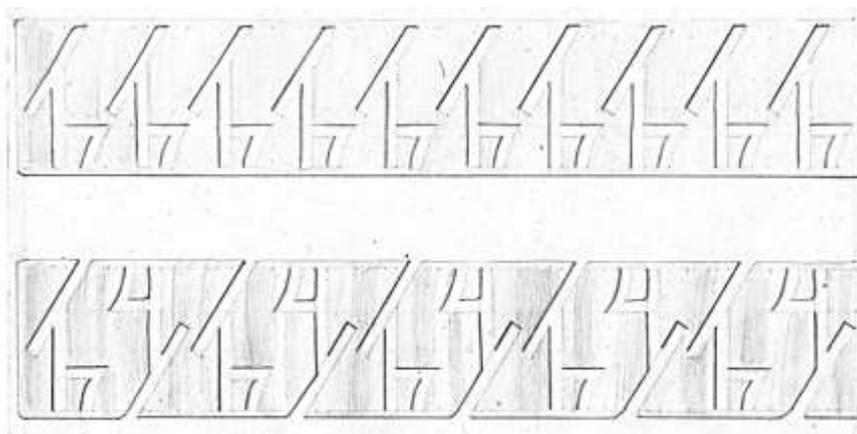


Рисунок 7 – Два дизайна браслета на плечо «Geometry»

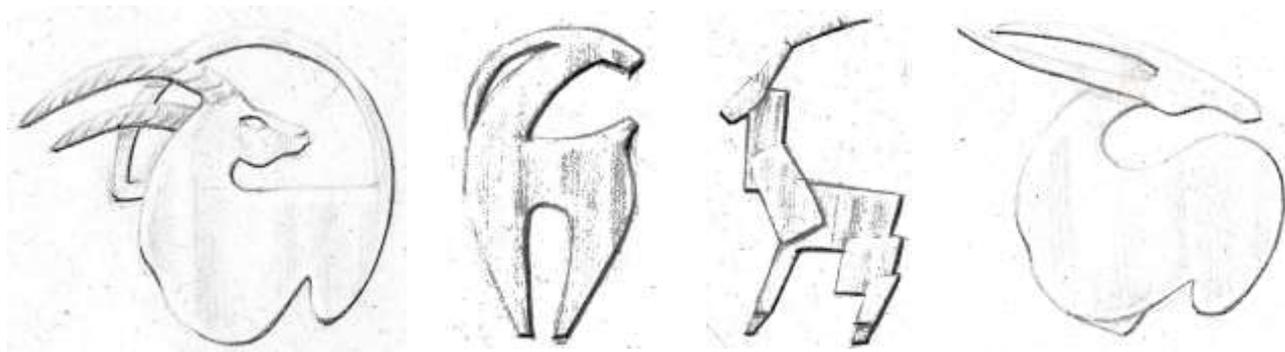


Рисунок 8. Серия брошек «Gazelle»

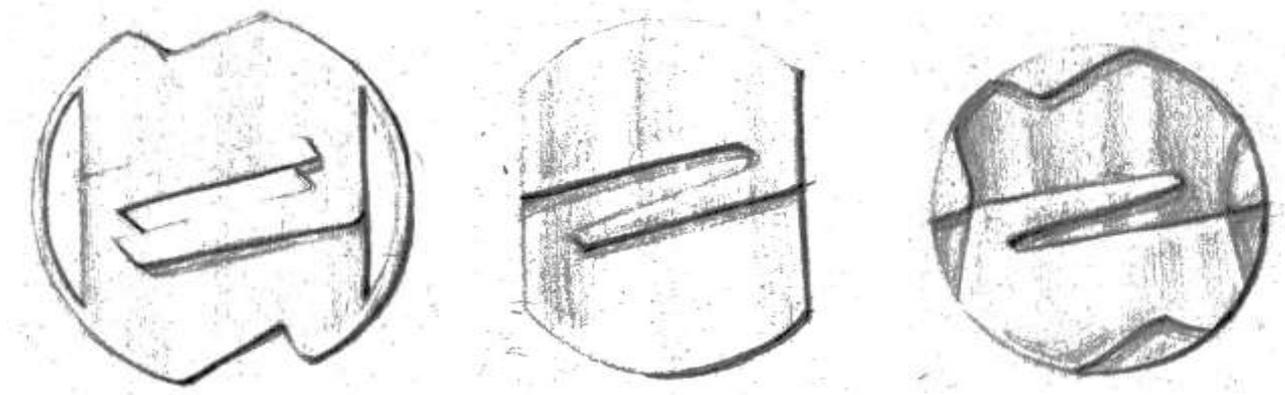


Рисунок 9 – Серия пуговиц «Duet»

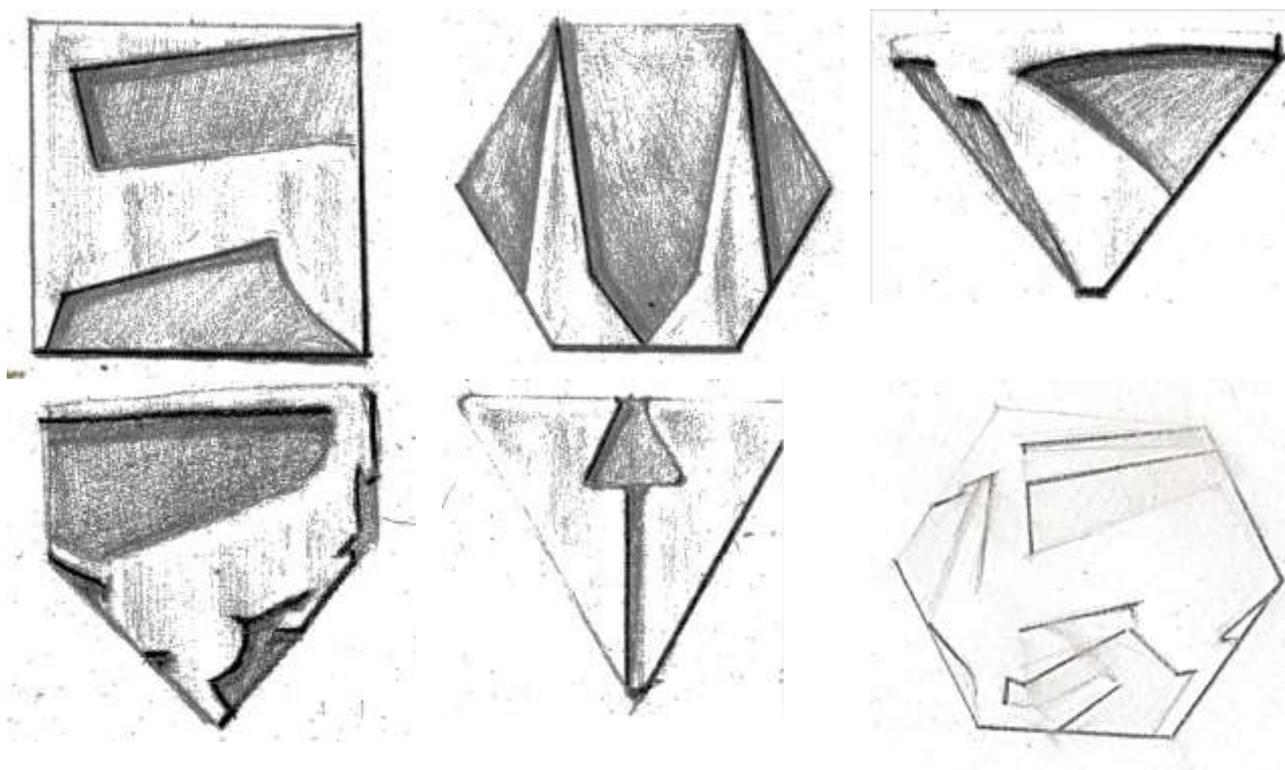


Рисунок 10 – Серия запонок «Unity»

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Свободная энциклопедия Википедия [Электронный ресурс]. URL: <http://ru.m.wikipedia.org> (дата обращения 27.10.2019)
2. Кибрик Е. Объективные законы композиции в изобразительном искусстве / Е. Кибрик. – М.: Прогресс, 1971. – 145 с.;
3. Луговой В.П. Конструирование и дизайн ювелирных изделий / В.П. Луговой. – М: Высшая школа, 2018. – 158 с.;
4. Ювелирные изделия / ред. группа: А. Русакова, Т. Евсеева, С. Тихомиров. – М.: Мир энциклопедий Аванта+, 1997. – 688 с.
5. Флеров А.В. Художественная обработка металлов / А.В. Флеров. – М.: Высш. шк., 1976. – 223 с.
6. Файловый архив студентов [Электронный ресурс]. URL: <https://studfile.net> (дата обращения 27.10.2019)

© *К.И. Рожцына, Т.В. Анисимова, 2019*

Научное издание

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ
(ИГОШИНСКИЕ ЧТЕНИЯ – 2019)

Материалы XIX Международной
научно-практической конференции

(Иркутск, 28-29 ноября 2019 г.)

Подписано в печать 20.05.2020 г. Формат 60 x 90 / 16

Усл. печ. л. 33,5

Тираж 500 экз.

Отпечатано в типографии Издательства
ФГБОУ ВО «Иркутский национальный
исследовательский технический университет»
664074, ул. Лермонтова, 83.