



УДК [553.98(47)]

ОСОБЕННОСТИ ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНОГО СТРОЕНИЯ РАПОНОСНОГО ПРОДУКТИВНОГО ОСИНСКОГО ГОРИЗОНТА И ПРОБЛЕМА УТИЛИЗАЦИИ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ© Л.А. Рапацкая¹, Л.В. Николаева², Е.Г. Васенёва³

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Рассмотрены вопросы площадного распространения, литолого-фациальный состав, особенности формирования осинского горизонта в продуктивных толщах, залегающих в низах кембрийского разреза Непско-Ботуобинской антеклизы. Приведены особенности состава рапоносных рассолов горизонта. Особое внимание уделено проблеме утилизации буровых растворов при бурении глубоких нефтепоисковых и разведочных скважин.

Ключевые слова: Осинский продуктивный горизонт; венд-нижекембрийский комплекс; литолого-фациальный состав; рифовые тела; порово-трещинные коллекторы; рапоносные рассолы; методы утяжеления растворов; проблемы утилизации.

FEATURES OF LITHOFACIES COMPOSITION OF OSINSKY BRINE-BEARING PRODUCING HORIZON AND THE PROBLEM OF DRILLING FLUID DISPOSAL

L.A. Rapatskaya, L.V. Nikolaeva, E.G. Vasenyova

National Research Irkutsk State Technical University, 83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

The problems of areal distribution, lithofacies composition, formation features of Osinsky horizon in productive strata occurring in the lower Cambrian section of Nepa-Botuoba anticline are discussed. The composition features of horizon brines are described. Particular attention is paid to the problem of drilling fluid disposal when drilling deep oil prospecting and exploration wells.

Keywords: Osinsky producing horizon; Lower Cambrian Vendian complex; lithofacies composition; reef bodies; porous fractured reservoirs; brines; methods of drilling mud weighting; utilization problems.

На большей территории юга Сибирской платформы (Байкитская антеклиза, Катангская седловина, юго-западная часть Непско-Ботуобинской антеклизы (НБА)) одним из наиболее широко распространенных продуктивных горизонтов, залегающих в низах кембрийского разреза, является осинский. По результатам нефтепоисковых работ осинский горизонт – единственный стратиграфический уровень карбонатного комплекса венда и нижнего кембрия, характеризующийся региональной нефтегазоносностью. О площади и масштабах его распространения дает представление палеогеографическая схема (рис. 1).

К осинскому горизонту в центральных районах Лено-Тунгусской провинции НБА приурочены залежи углеводородов Марковского, Даниловского, Пилюдинского, Чаяндинского, Среднеботуобинского, Талаканского, Ковыктинского и других месторождений. Этот горизонт отличается высоким напорным дебитом рапоносных рассолов, что чрезвычайно осложняет про-

цессы бурения глубоких скважин. Возможным объяснением этой особенности может служить тот факт, что на схемах гидрогеологического районирования территория НБА находится на стыке трех артезианских бассейнов: Ангаро-Ленского со сравнительно невысокими пластовыми температурами (35–40°C); Якутского, характеризующегося низкими пластовыми температурами (до 10°C), наличием мощной толщи многолетне-мерзлых пород (до 350 м) и глубоким распространением зоны отрицательных температур (до 900 м); Тунгусского бассейна, в пределах которого отмечается низкотемпературный режим и интенсивное проявление траппового магматизма.

Осинский продуктивный горизонт охватывает среднеусольскую (осинскую) подсвиту в иркутской части Талакан-Верхнечонской зоны, а в якутской части этой зоны его аналогом является осинский продуктивный пласт, занимающий среднюю пачку юрегинской подсвиты, сложенный органогенными и органогенно-

¹Рапацкая Лариса Александровна, кандидат геолого-минералогических наук, профессор кафедры прикладной геологии, тел.: (3952) 405278, e-mail: RapatskayaL.A.@istu.edu

Rapatskaya Larisa, Candidate of Geological and Mineralogical sciences, Professor of the Department of Applied Geology, tel.: (3952) 405278, e-mail: rapatskayala@istu.edu

²Николаева Людмила Васильевна, кандидат технических наук, доцент кафедры нефтегазового дела, тел.: 89021762821, e-mail: NikolaevaL.V.@istu.edu

Nikolaeva Lyudmila, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Oil and Gas Engineering, tel.: 89021762821, e-mail: NikolaevaL.V.@Istu.edu

³Васенёва Елена Георгиевна, старший преподаватель кафедры нефтегазового дела, тел.: (3952) 405278, e-mail: elenavaseneva@mail.ru

Vasenyova Elena, Senior Lecturer of the Department of Oil and Gas Engineering, tel.: (3952) 405278, e-mail: elenavaseneva@mail.ru

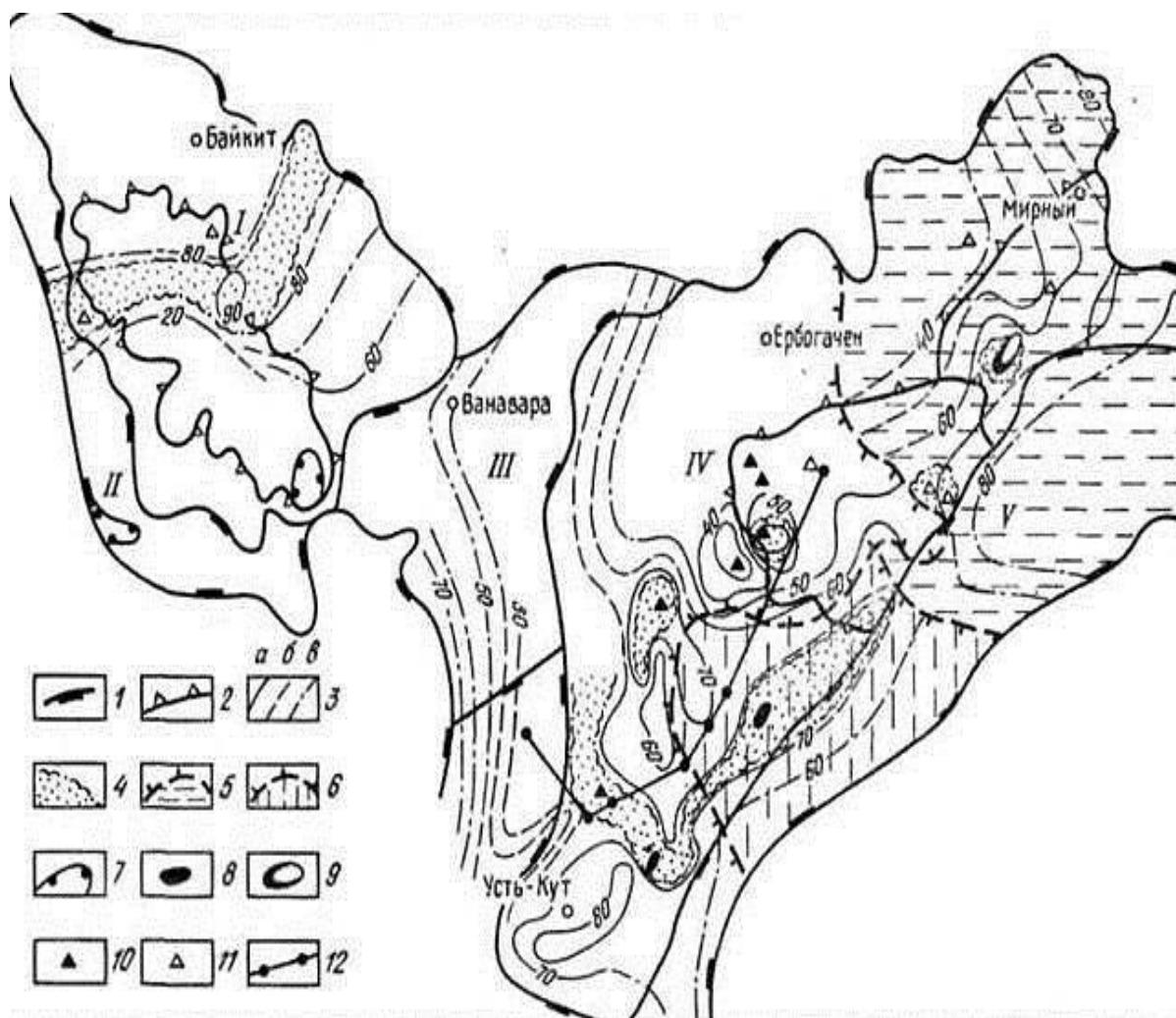


Рис. 1. Палеогеографическая схема формирования рифоподобных образований осинского горизонта усульской свиты (юго-западный склон Непско-Ботубунской антеклизы) [2]. Контуры пликативных структур:

1 – надпорядковых; 2 – первого порядка; 3 – изопахиты, м (а – уверенные; б – менее уверенные; в – предполагаемые); 4 – зона и площади предполагаемого развития рифоподобных образований; 5 – зона, в которой распространен бессоловой аналог подосинской пачки; 6 – зона, в которой к осинскому горизонту примыкает верхний пласт карбонатов подосинской пачки; 7 – территории отсутствия осинского горизонта; месторождения: 8 – нефтяные, 9 – нефтегазовые; притоки УВ в отдельных скважинах: 10 – нефти; 11 – газа; 12 – линия палеогеографического профиля

обломочными карбонатами. Подстилается и перекрывается осинский горизонт соленосными породами. Литолого-фациальный состав, (преобладание известняков, многочисленные водорослевые образования, отсутствие терригенной примеси), структурно-текстурные особенности пород, обедненность микроэлементами, состав и мощности перекрывающих и подстилающих пород позволяют объяснить природу его рапоносности.

В осинское время в пределах юго-западной части антеклизы накапливались хемогенные и органогенные карбонатные осадки. Осинский горизонт представлен, как правило, известняками и доломитами с подчиненными прослоями ангидритов, редко с прослоями каменной соли и терригенных пород. Известняки иногда доломитовые и доломитистые, часто органогенно-обломочные и водорослевые, участками кавернозные и засоленные со стилолитовыми швами. Доломиты

местами известковистые и известковые, редко глинистые, ангидритизированные и засоленные.

Характерными особенностями горизонта являются сложность литологического состава и значительные фациальные изменения и мощности по площади распространения. Ряд исследователей (М.М. Петров, И.Е. Москвитин, А.С. Ковтун, П.Н. Колосов) считают природу осинского горизонта рифогенной. Как отмечает М.М. Петров, в толще горизонта «максимальный интерес представляет пачка массивных карбонатов, в составе которой преобладают обломочно-микрофитолитовые, проблематично сгустково-фитогенные неслоистые или грубослоистые известняки, переработанные вторичными процессами в зернистые доломиты с высокими коллекторскими свойствами» [2]. К этой пачке часто приурочены зоны промышленных коллекторов (пласт О-1 осинского горизонта) (рис. 2).

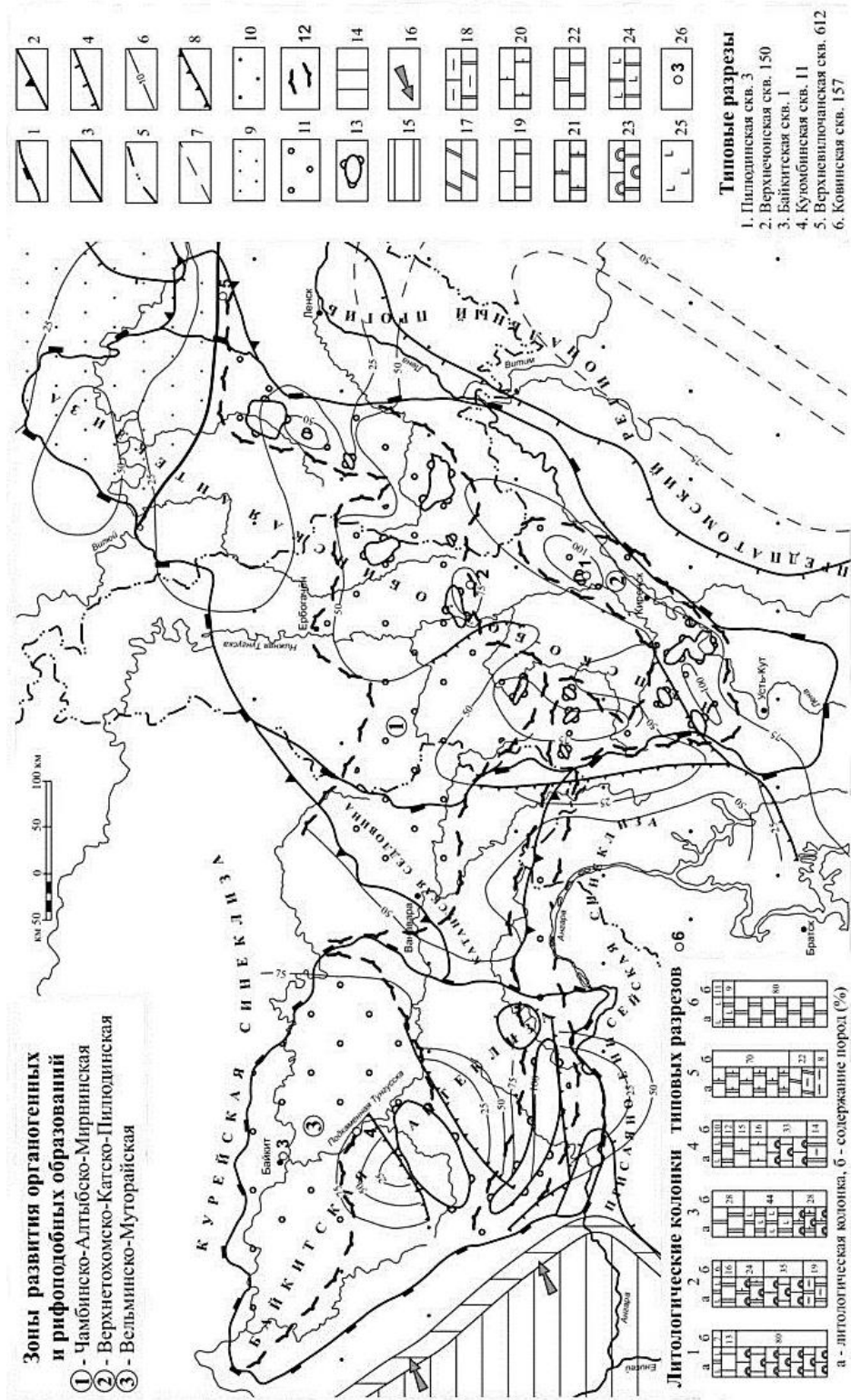


Рис. 2. Седиментационная модель осинского горизонта центральной части Сибирской платформы [5]: контуры платформенных структур: 1 – надпорядковые (антеклиз, синеклиз), 2 – седловин; границы: 3 – палеогеографических областей, 4 – современного сплошного распространения отложений, 5 – административные, изопахиты: 6 – в зонах полных толщ предполагаемого палеораспространения отложений, 7 – восстановленные в зонах предполагаемого палеораспространения отложений; 8 – борта некомпенсированных прогибов; область осадконакопления: 9 – море, 10 – мелкая часть шельфа, 11 – море, очень мелкая часть шельфа (внутришельфовые отмели); 12 – область развития рифоподобных образований; 13 – рифоподобные и органогенные постройки; 14 – прибрежные равнины, временами заливавшиеся морем; 15 – суша с выровненным рельефом; 16 – направление сноса терригенного материала; породы в колонках типовых разрезов: 17 – мергель доломитовый, 18 – известняк доломитоглинистый, 19 – известняк, 20 – известняк доломитовый, 21 – доломит известковый, 22 – доломит, 23 – известняк (доломит) органогенный, 24 – доломит анидритовый, 25 – анидрит (гипс); 26 – скважины



Максимальные мощности пачки установлены на Талаканском газонефтяном месторождении. Именно эти породы с изменяющейся мощностью от 10–12 до 52 м слагают рифоподобное тело осинского горизонта барьерного типа субширотного простираения шириной до 25 км. Высокие перспективы нефтегазоносности рифовых сооружений общеизвестны. Исключением не являются и рифоподобные образования осинского горизонта.

В послеосинское время соленость вод в кембрийском палеобассейне достигает стадии соленакопления: сначала соли над осинской пачкой заполнили некомпенсированные участки бассейна, а затем отложились по всей его площади. Таким образом, преимущественно линейная форма распространения зон больших мощностей осинского горизонта, их приуроченность к склонам палеоструктур, органогенный состав и наличие отчетливых фаз некомпенсации и заполнения позволяют отнести эти образования к рифоподобным [2]. Палеофациальные условия формирования краевого рифа и органогенных построек в осинском горизонте в значительной мере определяют прогноз его нефтегазоносности.

Коллектора горизонта имеют сложный характер – это каверно-поровые, поровые и трещинно-каверновые типы. Их толщина обычно не превышает 5–7 м, наибольшие значения отмечаются в зонах распространения рифоподобных и органогенных построек, которые отличаются наиболее высокими фильтрационными свойствами. Значительное влияние на формирование коллекторов горизонта в диагенезе и катагенезе оказали процессы выщелачивания, доломитизации и перекристаллизации. Фильтрационно-емкостные свойства коллекторов изменяются от 7–8 до 25%. Проницаемость колеблется от нескольких единиц до нескольких сот мД, обычно составляет 3–20 мД.

Региональным флюидоупором для осинского горизонта является уральская свита (ее аналог – юргинская свита в пределах Якутии). Разрез свиты сложен мощной толщей каменной соли белой, розовато-серой, с подчиненными прослоями доломитов серых, темно-серых, массивных и аргиллитов темно-серых, реже известняков зеленовато-серых. Толщина отдельных пластов каменной соли достигает 36–59 м. Толщина свиты составляет от 200 до 288 м [3].

Бурение скважин в мощных солевых толщах – флюидоупорах, нередко осложняется из-за высоконапорных фонтанов внутрисолевых рассолов, отличающихся высокими дебитами (до 7000 м³/сут.) аномально высоких пластовых давлений (АПВД) и высокой минерализацией рапы (более 500 кг/м³), преимущественно хлоридно-кальциевого и магниевых-кальциевого состава (таблица). В них содержится большое количество микро- и макроэлементов: содержание брома – 10–12 г/л, стронция – 8 г/л и др. Общие запасы рассолов только по Ковыктинскому газоконденсатному месторождению составляют около 3 млрд м³. «Максимальными дебитами характеризу-

ются рапопроявления, приуроченные к галогенно-карбонатной гидрогеологической формации, объединяющей проницаемые интервалы в пределах соленосной толщи нижнекембрийского возраста, в основном к осинскому, реже балыхтинскому горизонту уральской свиты» [1].

Как отмечает А.Г. Вахромеев, при бурении глубоких скважин притоки предельно концентрированных рассолов получены практически на всех разведочных площадях юга Иркутской области, м³/сут.: Балаганкинской – до 1800, Балыхтинской – 840, Омолойской – до 3600, Тутурской – 7000.

Проводка скважин в условиях рапопроявлений связана с большими технологическими трудностями. Наиболее распространенным методом ликвидации рапопроявлений является изоляция водоносных горизонтов путем установления цементных мостов, но при высоких напорных дебитах высокоминерализованных вод и больших пластовых давлениях, какие наблюдаются, например, на Ковыктинском ГКМ (скважины № 31, 55, 60, 64), изоляция с использованием тампонажных растворов положительных результатов не дала. Для крепления таких интервалов требуются соленасыщенные цементные растворы плотностью 1950–2350 кг/м³ в зависимости от коэффициента аномальности пластового давления, а это требует применения утяжеляющих материалов высокой плотности.

При ликвидации рапопроявлений возникают дополнительные сложности, если поступление рапы сопровождается газопроявлением с содержанием сероводорода в количествах, определяющих дополнительные требования к газовой безопасности при производстве работ, и введению в буровой раствор компонентов, связывающих этот токсичный газ, с целью сохранения свойств бурового раствора.

Для бурения скважин в условиях электролитной коагуляции требуются буровые растворы, которые сохраняли бы структурно-реологические свойства и высокую стабильность. Но как показывает анализ промыслового материала, регулирование этих свойств весьма проблематично. Буровые растворы, содержащие глинистый материал, имеют ряд существенных недостатков, главным из которых является высокая чувствительность к минерализации. Глинистые растворы в присутствии агрессивных солей, особенно кальциевых, которых в рапе до 70%. (см. таблицу), претерпевают существенные изменения, коагулируют, и, следовательно, их применение исключается.

Исследователи лаборатории буровых растворов и крепления скважин ИргТУ пошли по пути создания безглинистых структурированных растворов плотностью от 2,0 до 2,8 г/см³ с использованием современных структурообразователей и утяжелителей, выдерживающих агрессивное воздействие поливалентных электролитов и сероводородную агрессию.

Ранее сотрудниками названной лаборатории были разработаны растворы на основе рапы, полученной из скважины № 131 Верхоленской площади, плотность которой составляла 1,31 г/см³.



Для вскрытия продуктивных пластов с трещинным типом коллектора в скважине № 1-п Тутурского лицензионного участка была разработана рецептура раствора на основе соли знаменской рапы плотностью $1,8-2,2 \text{ г/см}^3$. Для утяжеления использовался гематит, связывающий H_2S , и соль знаменской рапы, которую производит ЗАО «Техрас». Наиболее эффективными для вскрытия рапоносных горизонтов могут быть утяжеленные растворы, содержащие конденсированную твердую фазу, образующуюся с солями, содержащими 6,8–8,6% магнезия, который есть в составе рапы.

В настоящее время в ИРГТУ разработаны буровые растворы на основе чистой рапы, которые не требуют большого количества реагентов для обработки и тем более утяжелителей, так как сама рапа имеет высокую плотность – $1,4-1,5 \text{ г/см}^3$. Эти растворы выдер-

живают агрессивное воздействие поливалентных электролитов и сероводородную агрессию.

При бурении глубоких скважин остро стоит проблема утилизации буровых растворов [4]. Лабораторные исследования последних лет показали возможность получения тяжелых растворов на основе чистой рапы, что позволит сохранить водные ресурсы, особенно при бурении на северных территориях, а главное – обеспечить решение одной из важнейших задач при глубоком бурении – охрану окружающей среды.

Таким образом, создание утяжеленных растворов на основе рассолов рапоносных горизонтов в какой-то мере позволит решить сразу две проблемы: использование готовых рассолов в качестве буровых и их утилизацию.

Статья поступила 23.12.2014 г.

Библиографический список

1. Вахромеев А.Г., Хохлов Г.А. Перспективы прогноза зон рапопроявлений в Верхоленском (Жигаловском) газоносном районе Иркутской области // Особенности технологии проводки и заканчивания скважин в Восточной Сибири и Якутии: сб. науч. тр. Новосибирск: Изд-во СНИИ геологии, геофизики и минерального сырья, 1988. С. 140–142.
2. Нефтегазоносность рифоподобных образований кембрия в Лено-Тунгусской провинции / Г.Г. Шемин, Л.И. Калина, И.А. Кальвин, Л.Е. Стариков // Геология нефти и газа. 1988. № 10. С. 26–29.
3. Петров М.М. Обобщение и анализ промысловых данных и рекомендации для поисков скоплений углеводородов в осинском горизонте Непско-Ботуобинской антеклизы //

Нефтегазовое дело. 2010. № 1. С. 1–13.

4. Утилизация буровых растворов на Ковыктинском газоконденсатном месторождении в связи с проблемами экологии / Л.А. Рапацкая, Л.В. Николаева [и др.] // Новые идеи в науках о Земле: мат-лы VIII Междунар. конф. (Москва, 10–13 апреля 2007). М., 2007. С. 225–227.
5. Шемин Г.Г. Модель строения, условия формирования и перспективы нефтегазоносности с выделением объектов поисково-оценочных работ осинского горизонта нижнего кембрия центральных районов Сибирской платформы // Интерэкспо – ГеоСибирь. 2008. Т. 5 [Электронный ресурс] URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/> (03 дек. 2014).

УДК 504.75.05:622,3

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДОБЫЧИ УГЛЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ НА ПРИМЕРЕ ЧЕРЕМХОВСКОГО РАЗРЕЗА

© С.С. Тимофеева¹, М.А. Мурзин²

Иркутский национальный исследовательский технический университет, 664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

Экспериментальными и расчетными методами оценена экологическая нагрузка на окружающую среду, создаваемая технологическими процессами добычи угля (на примере Черемховского угольного разреза). Установлено, что максимальный выброс пыли (до 800 т в год) происходит при вскрыше и отвалообразовании вскрышными экскаваторами типа драглайн. Бурение сопровождается выделением до 10 т пыли в год. Содержание пыли в cabinaх экскаваторов колеблется в широком диапазоне. Приведены суммарные выбросы токсичных газов, поступающих в окружающую среду при транспортировании угля. Даны практические рекомендации по снижению экологической нагрузки на атмосферу.

Ключевые слова: угольная промышленность; пылевыведения; технологические процессы; экологическая нагрузка; газовые выделения.

ASSESSMENT OF COAL MINING ENVIRONMENTAL LOAD BY EXAMPLE OF THE CHEREMKHOVO OPENCAST MINE

S.S. Timofeeva, M.A. Murzin

National Research Irkutsk State Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

Environmental load produced by the technological processes of coal mining has been estimated by experimental and

¹Тимофеева Светлана Семеновна, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, тел.: (3952) 405671, e-mail: timofeeva@istu.edu

Timofeeva Svetlana, Doctor of technical sciences, Professor, Head of the Department of Industrial Ecology and Life Safety, tel.: (3952) 405671, e-mail: timofeeva@istu.edu

²Мурзин Михаил Андреевич, аспирант, тел.: 89149552134, e-mail: misha0009@mail.ru
Murzin Mikhail, Postgraduate, tel.: 89149552134, e-mail: misha0009@mail.ru