

ВЛИЯНИЕ НЕФТЯНЫХ УГЛЕВОДОРОДОВ НА БАЙКАЛЬСКИЕ ОРГАНИЗМЫ В ЕСТЕСТВЕННЫХ И ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

В статье рассматривается состояние экологических исследований о влиянии нефтяных углеводородов на байкальские организмы. Показано, что на сегодняшний день вопрос о взаимодействии байкальских гидробионтов и нефтяных углеводородов остается практически не изученным.

Ключевые слова: углеводороды, байкальские организмы, озеро Байкал.

Введение

О естественных проявлениях нефти и газа на озере Байкал известно уже несколько столетий. Несмотря на то, что феномен байкальских нефтегазопоявлений исследуется давно, был предметом всесторонних геолого-геофизичес-

ких изучений и рассматривался с самых различных точек зрения, до настоящего времени нет единого мнения о происхождении и возрасте углеводородов Байкальской впадины (Дзюба, Сизых, 2001; Исаев, Преснова, 2003; Исаев и др.,

Окончание статьи А.Н. Шорохова, М.А. Азаматова «Снижение технологических рисков гидравлического разрыва пласта, ограниченного глинистыми барьерами...»

преждевременных технологических остановок при проведении ГРП по пласту БС10-1 Суторминского месторождения было резко сокращено с 30 % до 9-10 % (Рис. 2), что подтвердило эффективность принятого инженерного решения по отмене Мини-ГРП. С экономической точки зрения Филиалу «Муравленковскнефть» удалось избежать затрат на переподготовку скважины к повторному ГРП на данном объекте. Кроме того, отмена тестового ГРП позволила сократить объем закачиваемой рабочей жидкости в среднем на 20 м³ и среднее время проведения операции в среднем на 4 часа, что также положительно отразилось на экономической эффективности операции.

На данный момент технологическое решение успешно внедряется на Еты-Пуровском месторождении Филиала «Муравленковскнефть». Пласт ЮП1-1 Еты-Пуровского месторождения является третьим по значимости объектом стимуляции на переходящем фонде, где проводится до 20 % работ (около 20 скважин ежегодно). Технологической сложностью проведения гидравлического разрыва на данном объекте является наличие нижележащего водонасыщенного пласта ЮП1-2, отделенного от пласта ЮП1-1 глинистым барьером мощностью 9 метров (Рис. 4).

В 2011 году из 25 проведенных операций без Мини-ГРП только на 1 скважине (4 %) была получена преждевременная технологическая остановка по причине отказа насосного агрегата, что подтверждает эффективность внедренной оптимизации для данного объекта.

Таким образом, следует сделать вывод, что предложенное решение по отмене Мини-ГРП эффективно работает при проведении стимуляции пластов, в случае необходимости ограничения геометрии трещины и исключения её прорыва в выше и нижележащие водонасыщенные пласты вследствие наличия малых глинистых барьеров.

В заключении следует отметить, что предложенные в данной статье проектные решения не требуют привлечения дополнительного оборудования, человеческих ресурсов и затрат, что в рамках современной экономической ситуации является значимым преимуществом.

Литература

Mukherjee, H. Fractured Well Performance: Key to Fracture Treatment Success. *Paper SPE*. 50976. 2000.

Mathur, A.K., Ning, X., Marcineau, R.B., Ehlig-Economides, C.A., and Economides, M.J. Hydraulic Fracture Stimulation of Highly Permeable Formations: The Effect of Critical Fracture Parameters on Oilwell Production. *Paper SPE*. 30652. 1995.

Hunt, J.L., Chen, C.C., Soliman, M.Y. Performance of Hydraulic Fractures in High Permeability Formations. *SPE Paper*. 28530. 1994.

A.N. Shorokhov, M.A. Azamatov. **Reduction of technological risks due to hydraulic fracturing of reservoirs limited by small shalestone barriers.**

We touch upon some problems of hydraulic fracturing for efficient stimulation of reservoirs limited by small shalestone barriers. We review modern methods for increasing the efficiency of technological hydraulic fracturing and present some results of their application in oil fields deposits of JSC «Gazprom Neft-NNG», Branch «Muravlenkovskneft».

Keywords: hydraulic fracturing, reservoir stimulation, shalestone barriers, increase efficiency.

Алексей Николаевич Шорохов

Заместитель начальника отдела стимуляции пласта управления проектирования, мониторинга ГТМ и сводного планирования добычи. Научные интересы: проблемы месторождений, находящихся на поздних стадиях разработки; разработка новых методов стимуляции и повышения нефтеотдачи пластов.

Марат Альбертович Азаматов

Начальник управления проектирования, мониторинга ГТМ и сводного планирования добычи – заместитель главного геолога.

Филиал «Муравленковскнефть» ОАО «Газпромнефть-ННГ». 629603, ЯНАО, Муравленко, ул. Ленина, 82/19.
Тел.: (34938) 63-321, 63-188.

2003; Каширцев и др., 1999; Конторович и др., 1989; Ломоносов, 1974; Самсонов, 1963).

Известно, что газопроявления более многочисленны. Они сосредоточены в основном в дельтах и авандельтах крупных рек, впадающих в озеро: Селенги, Баргузина, Верхней Ангары, Кичеры, Бугульдейки, Голоустной. Нефтепроявления менее многочисленны, но достаточно регулярно открываются новые очаги естественных проявлений нефти в озере. В начале XX века были отмечены многочисленные выходы газа и признаки нефти в виде восстановленных пленок на воде, озокерита и битумов вдоль юго-восточного побережья от станции Боярская до Чивыркуйского залива (Рязанов, 1928). В середине XX века интенсивные геолого-поисковые работы на нефть проводились на территории Бурятии по юго-восточного побережью Байкала. В ходе работ были изучены природные выходы нефти: со дна Среднего Байкала с глубины 10-12 м в 300-500 м от берега на участке от мыса Облом до ручьев Ключи и Стволовая. Вторая группа выходов нефти располагалась против устьев рек Большая и Малая Зеленоская.

В начале XXI века по данным спутниковой информации в акватории озера было обнаружено новое нефтепроявление у мыса Горево Утес вблизи Баргузинского залива; по оценкам ученых на поверхность озера в этом районе разгружается около 4 тонн нефти в год (Хлыстов, Горшков и др., 2007). В ходе серии погружений в 2008 году глубоководными аппаратами «Мир-1» и «Мир-2» в Байкале были обнаружены новые, ранее неизвестные естественные выходы нефти. Так, место поступления нефти обнаружено южнее выхода из Баргузинского залива – самого крупного залива Байкала – на глубине около 850 метров. По предварительным данным у восточного берега Байкала могут быть и другие места, из которых поступает нефть.

По мнению ученых продолжение нефтепоисковых и разведочных работ с перспективой промышленной эксплуатации и добычи нефти на Байкале или его окрестностях экологически недопустимо; нефть на Байкале может иметь только научный интерес. В этом отношении Байкал можно использовать как опытный полигон для исследования образования и скоплений нефти в осадочных отложениях, чтобы потом применить эти знания на практике в других местах, в рифтовых зонах морей и океанов, где можно будет добывать придонную нефть. Кроме того, взятые в ходе погружения пробы могут дать новые данные к вопросу о происхождении и возрасте нефти в Байкале.

Несмотря на многолетний пристальный интерес ученых к естественным нефтепроявлениям в озере Байкал, экологическим исследованиям о влиянии нефтяных углеводородов на фауну озера практически не уделялось внимания. Вероятно это связано с тем, что на протяжении многих лет актуальность проведения токсикологических исследований на байкальских гидробионтах была обусловлена наличием Байкальского целлюлозно-бумажного комбината (БЦБК).

После пуска БЦБК в г. Байкальске в 1967 году в озеро стали поступать промышленные и хозяйственно-бытовые стоки (Верхозина и др., 2008). Поэтому, в первую очередь, большие объемы работ по токсикометрии органических

и неорганических соединений проводились при оценке воздействия БЦБК на байкальских организмов различных систематических и трофических уровней и затрагивали изучение влияния на биологические объекты основных компонентов сточных вод: соединений серы и хлора, лигнина, органических кислот, спиртов и фенольных соединений. Кроме того, к настоящему времени отечественными и зарубежными учеными проведены многочисленные работы по изучению экосистемы озера Байкал. Определены эколого-физиологические характеристики и общий химический состав организмов, дано их морфолого-анатомическое описание, имеются подробные работы по систематике, классификации и таксономии. Имеется обширная информация об экологии и биологии байкальских гидробионтов различных систематических групп, их структуре и пространственном распределении.

Исследования в местах естественных нефтепроявлений

Исследование зообентоса (донная фауна) проводили в районе восточного побережья среднего Байкала от мыса Облом до мыса Толстого и на участке от реки Сухая до реки Стволовая. Зообентос в исследованных районах нефтегазопроявлений представлен характерными для Байкала группами донных животных. Это – турбеллярии, полихеты, олигохеты, гаммариды, веснянки, ручейники, хирономиды, моллюски. Авторами (Кравцова и др., 1988) отмечено, что как по видовому составу, так и по количественным показателям зообентос здесь не отличается от такового других районов открытого Байкала. Фауна донных беспозвоночных является типичной для открытого Байкала, о чем свидетельствует наличие байкальских видов-эндемиков, а также видов, в целом характерных для озера. Общее богатство донного населения, присутствие индикаторов чистых вод типа веснянок указывают на удовлетворительное существование здесь зообентоса и его приспособленность к постоянному воздействию такого фактора, как нефтепроявления естественного происхождения. Авторами также отмечено, что влияние водорастворимых битумов в грунте на представителей основных групп зообентоса неоднозначно.

Так, концентрации 40×10^{-4} и 42×10^{-4} % г/грунта, вероятно, создают оптимальные условия для развития микрофлоры, повышающей пищевую ценность детрита, что способствует обилию гидробионтов на этом участке. При этих концентрациях отмечались максимальные значения биомассы и видового разнообразия как отдельных групп, так и зообентоса в целом. При дальнейшем возрастании содержания водорастворимых битумов (82×10^{-4} % г/грунта) наблюдается снижение численности, как у моллюсков, так и у хирономид, у олигохет эта тенденция выражена слабо (Кравцова и др., 1988).

Другими авторами (Талиев и др., 1985) были проведены микробиологические исследования района нефтепроявлений, расположенного у устья реки Б. Зеленоская в сравнении с районами пролива Малое Море, где выходы углеводородов менее интенсивны. В воде и донных осадках изучено распределение углеводородокисляющих микроорганизмов. Установлено, что в районах, где содержание углеводородов в воде и донных осадках незначительно, резко сужается спектр углеводородокисля-

ющих микроорганизмов, или они отсутствуют совсем (Талиев и др., 1985).

Рассматривались два района естественных нефтепроявлений озера Байкал: изученного ранее, расположенного напротив устья реки Б. Зеленовская, и открытого в 2005 году у мыса Горевой Утес. Авторами были проведены комплексные исследования в двух районах нефтепроявлений – в районе устья реки Б. Зеленовская (1 км от побережья; 70 км севернее дельты реки Селенга, восточное побережье Байкала) и на 8 станциях у мыса Горевой Утес (10 км от берега, глубина 900 м, Средний Байкал). Водные образцы отбирали с водной поверхности, покрытой нефтяной пленкой и свободной от нее, а также с глубин 50, 400, 550 м, придонного слоя и донных осадках. Нефть в двух исследованных районах обнаружена как в водной толще в виде отдельных радужных пятен, так и в донных отложениях.

Отмечено, что в некоторых отобранных пробах концентрации углеводородов были ниже предельно допустимой концентрации, установленной для нефтепродуктов в водоемах рыбохозяйственного назначения, но превышали биогенный фон до 20 раз. Состав и распределение микробного сообщества различалось в двух исследованных районах. Установлено, что численность углеводородокисляющих микроорганизмов значительно выше в районе реки Б. Зеленовская, в отличие от района мыса Горевой Утес. В районе реки Б. Зеленовская микроорганизмы преимущественно доминируют в поверхностных пробах воды, в районе мыса Горевой Утес – в придонных. Но, тем не менее, в районе мыса Горевой Утес углеводородокисляющие бактерии, несмотря на невысокую численность, составляют основную долю в культивируемом микробном сообществе как в поверхностных, так и в придонных слоях воды. В районе реки Б. Зеленовская углеводородокисляющие микроорганизмы составляют основную долю в культивируемом микробном сообществе только в поверхностных пробах, на станциях находящихся вблизи выхода нефти.

Различная структура и состав микробного сообщества двух районов определяет степень деградации поступающей из донных осадков нефти и, как следствие, состав нефти, собирающейся на водной поверхности озера (Павлова и др., 2008). При исследовании нефтепроявления у мыса Горевой Утес другими авторами было отмечено, что несмотря на постоянное образование на поверхности воды новых нефтяных пятен, покрытая ими общая площадь около 1 км² не увеличивается (Хлыстов и др., 2007). По мнению авторов постоянство площади загрязнения свидетельствует о том, что нефть быстро трансформируется. Как показали исследования, важную роль в процессе нефтеразрушения играют нефтеокисляющие бактерии. Их отношение к численности гетеротрофных бактерий в этом районе достигало 120. В пробах воды, отобранных вне нефтяных пятен в этом же районе, число нефтеокисляющих бактерий существенно уменьшается, а соотношение нефтеокисляющие/гетеротрофные бактерии падает до 6. В районах озера, не затронутых естественными нефтепроявлениями, данное соотношение оценено значением от 0,02 до 0,10. Таким образом, экосистема Байкала эффективно справляется с естественным загрязнением его вод углеводородами за счет микробиального сообщества.

Исследования на байкальских организмах в лабораторных условиях

Рядом авторов было показано, что эндемичные байкальские веслоногие рачки *Epischura baicalensis* отличаются более высокой чувствительностью к ряду загрязнителей, в том числе и нефтепродуктам, по сравнению с палеарктическими видами (Бархатова, 2000; Стом, Гиль, 1998). Также, с помощью люминесцентной микроскопии эти исследователи наблюдали процесс накопления углеводородов жировыми включениями эндемичных веслоногих байкальских ракообразных *Epischura baicalensis* и *Harpacticella inopinata* и байкальского палеарктического веслоногого рачка *Cyclops kolensis* (Стом, Гиль, 2000; Стом и др., 1999; Саксонов и др., 2001). Рачки имеют ярко выраженные жировые включения, которые представляют собой мелкие шаровидные капли. Наблюдение люминесценции в жировых включениях особенно четко фиксировалось при действии нефти и дизельного топлива. Этими же авторами рассматривается возможность использования байкальских веслоногих ракообразных в качестве биологических индикаторов нефтяного загрязнения.

Нами были проведены исследования с использованием различных экологических групп байкальских организмов к нефти и нефтяным углеводородам. В качестве тест-объектов использовали различные группы палеарктических и байкальских, в том числе эндемичных организмов: ветвистоусых ракообразных (*Daphnia galeata*, *Ceriodaphnia pulchella*, *Simocephalus vetulus*, *Bosmina longirostris*, *Chydorus sphaericus*); веслоногих ракообразных (*Epischura baicalensis*, *Harpacticella inopinata*, *Cyclops kolensis*); гаммарид (*Gammarus lacustris*, *Eulimnogammarus cyaneus*, *Eulimnogammarus verrucosus*); моллюсков (*Lymnea auricularia*, *Baicalia turritiformis*, *Maackia herderiana*).

Выбор указанных бентосных организмов (гаммарид и моллюсков) был обусловлен несколькими факторами. Известно, что при поступлении нефти в водную среду (естественного происхождения или в результате антропогенной деятельности), накопление устойчивых к биологическому разложению компонентов нефтяных углеводородов концентрируется в первую очередь именно в донных отложениях. Низкая температура байкальской воды существенно сдерживает скорость деградации углеводородов и снижает уровень биохимических процессов связанных с их деструкцией и трансформацией. Состояние бентосных экологических групп напрямую зависит от физического и химического состава донных отложений. Поэтому именно донные сообщества наиболее сильно подвержены изменениям, происходящим в случае поступления нефтяных углеводородов. Гаммариды и моллюски относятся к доминантным бентосным видам озера Байкал и поэтому являются перспективными объектами для экологических исследований. В свою очередь, представители исследуемого зоопланктона (ветвистоусые и веслоногие ракообразные) являются важнейшим звеном в биотическом круговороте вещества и энергии в Байкале и имеют огромное значение для питания рыб и хищных беспозвоночных пелагического комплекса.

В результате экспериментов было установлено, что ответные реакции организмов на воздействие углеводоро-

родов зависели от концентрации, времени экспозиции и физико-химических особенностей токсикантов.

Токсический эффект как нефтепродуктов, так и нефтяных углеводородов для всех тест-объектов возрастал по мере увеличения их температур кипения. По степени токсичности анализируемые вещества можно расположить в следующие ряды (по убыванию токсичности): мазут > авиабензин; тетралин > бензол; октадекан > пентан. Таким образом, при суточной экспозиции более токсичны были малорастворимые в воде высокомолекулярные углеводороды. При этом данные токсиканты вызывали гибель зоопланктона в концентрациях меньших, чем установленные нормативными документами предельно допустимые концентрации нефти для рыбохозяйственных водоемов (0,05 мг/л). Ароматические и алифатические углеводороды, содержащие одинаковое количество углеродных атомов, показали одинаковую степень токсичности по отношению к тест-объектам. Также эксперименты показали, что представители байкальского планктона на ранних стадиях онтогенеза обладают значительно меньшей устойчивостью к углеводородам по сравнению с соответствующими половозрелыми особями. Разница между концентрациями, вызывающими 50% гибель молоди и концентрациями, вызывающими 50% гибель взрослых объектов, за тот же промежуток времени могла составлять несколько порядков.

Низкая токсикорезистентность молоди может быть обусловлена тем, что данная стадия развития характеризуется высокой степенью протекания биосинтетических процессов, создающих благоприятные условия для внедрения токсикантов и нарушения обмена веществ. Характерно, что данная закономерность имела место независимо от видовой принадлежности рачков. Тем не менее, по нашему мнению, для достоверного определения токсичности нефтесодержащих проб целесообразно использовать две размерно-возрастные группы: ювенисов (молодь) и половозрелых особей. Принимая за критерий токсичности выживаемость, веслоногие ракообразные характеризовались более высокой устойчивостью к исследуемым нефтепродуктам по сравнению с ветвистоусыми. Не было обнаружено достоверных видовых различий и в чувствительности у представителей байкальских веслоногих к исследуемым токсикантам. Полученные результаты согласуются с данными других авторов о более высокой устойчивости веслоногих рачков к тяжелым металлам, пестицидам и фенолам.

Также не выявлено значительных видовых различий в чувствительности у представителей ветвистоусых ракообразных к нефти, нефтепродуктам и нефтяным углеводородам: все объекты характеризовались высокой и достаточно близкой степенью чувствительности к исследуемым токсикантам. Используемая в качестве эталонного объекта *Daphnia magna* не обнаруживала более высокой чувствительности по сравнению с байкальскими видами. Таким образом, байкальские ветвистоусые ракообразные не уступают по чувствительности к нефтепродуктам такому общепринятому и классическому тест-объекту, как *Daphnia magna*. Это особенно важно, учитывая тот факт, что *Daphnia magna* в Байкале не представлена, а в целях регионального экологического мониторинга желательнее использовать представительных для

озера Байкал тест-объектов.

Было отмечено, что нефть и нефтепродукты вызывали нарушения газового и фильтрационного процессов у гидробионтов; изменение дыхательного и сердечного ритмов у ветвистоусых ракообразных наблюдалось в гораздо меньших концентрациях, чем гибель рачков за тот же период времени. Полученные нами результаты согласуются с данными других авторов о том, что изменения сердечного и дыхательного ритмов являются наиболее ранними и чувствительными реакциями организма на действие неблагоприятных факторов водной среды и способны дать более оперативную информацию, чем такой показатель, как выживаемость.

Также было отмечено, что некоторые нефтепродукты действуют на поведенческие реакции ветвистоусых ракообразных и гаммарид. Так, при действии низкомолекулярных нефтепродуктов (авиабензинов и автобензинов), алифатических углеводородов (пентана, гексана, гептана) и ароматических углеводородов (бензола, толуола, ксилолов) у ветвистоусых рачков отмечалась повышенная активность, они совершали беспорядочные движения, вращались вокруг своей оси, падали на дно сосудов, поднимались, координация движений нарушалась. Особенно четко эти эффекты фиксировались при действии бензинов и ароматических углеводородов. Также при действии некоторых концентраций нефти, дизельного топлива и мазута наблюдалась реакция выбрасывания яиц из выводковой камеры. Возможной причиной данной реакции является резкое сокращение мышц абдомена, приводящее к выдавливанию из выводковой камеры яиц. Вероятно данный эффект можно рассматривать как безусловный рефлекс спасения потомства в условиях, когда материнский организм не способен обеспечить его защиту, так как сам находится в стрессовом состоянии. При действии нефти и высокомолекулярных нефтепродуктов (дизельное топливо и мазут) наблюдалось прилипание рачков к поверхностной пленке, что может быть следствием образования углеводородной пленки на границе раздела жидкость-воздух.

При действии низкомолекулярных нефтепродуктов (авиабензинов и автобензинов), алифатических углеводородов (пентана и гексана) и ароматических углеводородов (бензола и толуола) гаммариды время от времени резко всплывали в толщу воды, совершали беспорядочные движения и снова падали на дно. При этом в контроле гаммариды спокойно лежали на дне опытного стакана и лишь иногда меняли свое положение. Поскольку поведенческие реакции предшествуют иммобилизации, чувствительность таких показателей выше, чем показателей смертности. Изменения в поведении могут быть охарактеризованы временем отклика, которое обычно исчисляется минутами. Можно предположить, что если при кратковременных опытах наблюдались изменения в поведенческих реакциях, то при хронических опытах даже со значительно меньшими концентрациями будут нарушаться физиологические функции организма. Таким образом, при оценке токсичности нефтяных углеводородов следует обращать особое внимание на изменения в поведении подопытных организмов.

В исследуемом диапазоне концентраций нефти, нефтепродуктов, алифатических и ароматических углеводо-

родов ($10\text{-}10^{-10}$ мл/л) в течение 24-часовой экспозиции не наблюдали гибели гаммарид и моллюсков. Таким образом, данные тест-организмы характеризовались значительно более высокой степенью устойчивости к токсикантам, по сравнению с ветвистоусыми и веслоногими ракообразными.

Вместе с тем, в результате проведенного исследования было установлено, что водорастворимые фракции нефти и нефтепродуктов оказывает значительное влияние на синтез белков у палеарктических и байкальских гаммарид и моллюсков. В течение экспозиции у гаммарид наблюдали значительное снижение белков семейства БТШ70 и нБТШ. И наоборот, у моллюсков фиксировали достоверное увеличение уровня содержания БТШ70 и нБТШ. Результаты исследований с использованием антиоксидантных ферментов глутатион-S-трансферазы и гваякол-пероксидазы в качестве маркеров показали, что активность этих ферментов в исследуемых концентрациях токсикантов также достоверно снижалась по сравнению с контролем (Шатилина и др., 2008).

Стоит отметить, что синтез белков теплового шока (БТШ) представляет собой один из наиболее универсальных и распространенных механизмов защиты клетки от стрессовых повреждений. Стрессовые факторы, к которым можно отнести и воздействие химических веществ, индуцируют синтез белков теплового шока, которые выполняют регуляторную функцию в запуске и реализации защитных реакций. Поэтому уменьшение или увеличение количества БТШ можно использовать в качестве высокочувствительных маркеров стрессовых воздействий при мониторинговых исследованиях водных экосистем. Глутатион-S-трансфераза и гваякол-пероксидаза являются ферментными компонентами антиоксидантной системы организма, основная функция которой – защита клеток от повреждений. Снижение активности ферментов при возникновении токсического стресса указывает на общее подавление антиоксидантных процессов в организме.

Особенно важно, что изменение уровня белков у гаммарид и моллюсков наблюдали уже в концентрации 1 мл/л нефти, тогда как гибели объектов не фиксировали даже при концентрации 10 мл/л нефти. Таким образом, изменение уровней белков теплового шока и антиоксидантных ферментов у байкальских амфипод и моллюсков может быть высокочувствительным биохимическим маркером при оценке токсического действия нефтяного загрязнения.

Заключение

Озеро Байкал самое древнее и глубокое озеро в мире, содержит около 20 % мировых запасов поверхностных пресных вод, озеро включено ЮНЕСКО в список мирового наследия. По оценкам специалистов побережье Байкала пока еще характеризуется малой степенью урбанизации с практически неизменными комплексами естественной природы (Грачев, 2002; Государственный доклад., 2008). С точки зрения видового разнообразия Байкал прочно занимает первое место среди озер Земли; в озере обитают около 2500 видов и подвидов животных, значительная часть которых относится к эндемикам. При этом их список нельзя назвать окончательным и полным, современными

таксономическими ревизиями охвачено лишь менее половины некоторых частных фаун.

Фауна Байкала идеально подходит для исследований особенностей функционирования байкальских организмов, изучения их ответных реакций и возможности применения тех или иных стресс-маркеров для оценки на воздействие нефтяных углеводородов. Связано это с тем, что эволюционное развитие байкальских обитателей долгое время проходило в стабильных и изолированных условиях. Это позволило сформироваться фауне с уникальным количеством видов и форм, обладающих широким набором специфичных адаптаций ко всему разнообразию условий обитания в озере. В большинстве своем байкальские организмы узко приспособлены к условиям зон их обитания и негативно переносят отклонения от этих условий. Наличие в Байкале природных очагов выходов углеводородов делает вопрос об этих исследованиях еще более интересным и актуальным.

К сожалению, как уже было отмечено, работы о влиянии нефтяных углеводородов на байкальские организмы носят единичный характер. Таким образом, на сегодняшний день вопрос о взаимодействии байкальских гидробионтов и нефтяных углеводородов остается практически неизученным.

Работа выполнена при поддержке Аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (проект РНП 2.2.2.3.16063/8062)».

Литература

- Бархатова О.А. Сравнительная токсикорезистентность *Epischura baicalensis* и *Daphnia magna* в присутствии и отсутствии пищи. Дис. канд. биол. наук. Иркутск: ИГУ. 2000. 125.
- Верхозина В.А., Верхозина Е.В., Сафаров А.С. Оценка экологических рисков для экосистемы озера Байкал. *Геоэкология*. N 4. 2008. 370-372.
- Государственный доклад «О состоянии озера Байкал и мерах по его охране в 2007 году». Иркутск: Сибирский филиал ФГУНПП «Росгеоолфонд». 2008.
- Дзюба А.А., Сизых В.И. О происхождении нефти на Байкале. Нефть и газ в современном мире: геолого-экономические и социально-культурные аспекты. Иркутск: Изд-во ИГУ. 2001. 9-11.
- Исаев В.П., Преснова Р.Н. Байкальская нефть. Нефть и газ в современном мире: геолого-экономические и социально-культурные аспекты. Иркутск: Изд-во ИГУ. 2003. 44-51.
- Исаев В.П., Примина С.П., Ширибон А.А. Проблема нефтегазозонности озера Байкал и Усть-Селенгинской впадины. *Материалы научно-практического совещания*. Улан-Удэ: Изд-во БНЦ СО РАН. 2003. 43-48.
- Каширцев В.А., Конторович А.Э., Филп Р.П. Биомаркеры в нефтях восточных районов Сибирской платформы как индикаторы условий формирования нефтепроизводивших отложений. *Геология и геофизика*. N 11. 1999. 1700-1710.
- Конторович А.Э., Дробот Д.И., Преснова Р.Н. Геохимия нефтяных и проблема генезиса байкальской нефти. *Советская геология*. N 2. 1989. 21-29.
- Кравцова Л.С., Лезинская И.Ф., Кицук Т.И. Бенитофауна на участках нефтегазопроявлений озера Байкал. *Гидробиологический журнал*. N 5. 1988. 90-93.
- Ломоносов И.С. Геохимия и формирование современных гидротерм Байкальской рифтовой зоны. Новосибирск: Наука. 1974.
- Павлова О.Н., Земская Т.И., Горшков А.Г., Косторнова Т.Я., Хлыстов О.М., Парфенова В.В. Сравнительная характеристика микробных сообществ двух районов естественных нефтепроявлений озера Байкал. *Известия РАН. Серия Биол.* N 3. 2008. 333-340.
- Рязанов В.Д. Месторождения озокерита и нефти в Прибайкалье. Материалы по геологии и полезным ископаемым Дальнего

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ УЧЁТА НАИБОЛЕЕ ПОЛНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ГАЗА ИЗ ГАЗОВЫХ И ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ, ПРИУРОЧЕННЫХ К ТЕРРИГЕННЫМ КОЛЛЕКТОРАМ

В статье отмечен переход от разработок залежей газа с коэффициентом извлечения (КИГ) близким к единице к разработке залежей с относительно невысокими фильтрационно-ёмкостными свойствами (ФЕС), в связи с чем доля неизвлечённого из пласта газа при газовом режиме разработки становится весьма значительной. Рассмотрены исследования конечной газоотдачи проводимые в середине и конце прошлого века, приведена классификация залежей, обладающих различными ФЕС коллекторов и различными КИГ. Показано, что достоверно определить КИГ можно только на поздних сроках эксплуатации залежей. Сделаны выводы позволяющие увеличить КИГ при эксплуатации месторождений.

Ключевые слова: конечная газоотдача, фильтрационно-ёмкостные свойства, оценка извлекаемых запасов газа, терригенные коллекторы, недоизвлечение газа.

В настоящее время никем из исследователей (Омесь, Романовская, 1976; Султанов, 2001; Тарасенко, Чусев, 2005) не отрицается тот факт, что при разработке газовых и газоконденсатных залежей на естественном режиме достичь 100%-ного извлечения объёма газа, содержащегося в поровом пространстве продуктивных коллекторов не представляется возможным. Длительное время (Султанов, 2001) недоизвлечение газа относилось к экономическим факторам, так как применение вторичных методов делало добычу остаточного газа не-

рентабельной. Кроме того, в разработку вводились залежи, приуроченные к высокоёмким, высокопроницаемым неглинистым коллекторам с однородной гранулярной структурой с большим запасом пластовой энергии, в которых доля остаточного газа не превышала 5-10% от общего объёма. Этим количеством не извлечённого газа можно было пренебречь. Следует указать ещё на то обстоятельство, что в условиях газового режима давление «заброса», когда пластовой энергии уже не хватает для фонтанирования скважин, эмпирическим

Окончание статьи Д.В. Лозового «Влияние нефтяных углеводородов на байкальские организмы в естественных и лабораторных условиях»

Востока. Владивосток: Изд-во Дальневосточного университета. 1928. 24-32.

Саксонов М.Н., Балаян А.Э., Стом Д.И. Метод люминесцентной микроскопии в определении накопления нефтепродуктов эпишурой и биоиндикация загрязнения. *Водные ресурсы*. N 6. 2001. 752-755.

Самсонов В.В. Происхождение байкальской нефти и проблемы нефтегазоносности Бурятии. *Проблемы сибирской нефти*. Новосибирск: Наука. 1963. 127-150.

Стом Д.И., Гиль Т.А. Сравнительная токсикометрия органических и неорганических загрязнителей на веслоногих и ветвистых рачках. *Доклады АН*. N 1. 1998. 140-142.

Стом Д.И., Гиль Т.А. Токсичность органических соединений и тяжелых металлов при наличии кормовых организмов для эпишур и дафний. *Гидробиологический журнал*. N 2. 2000. 54-58.

Стом Д.И., Гиль Т.А., Балаян А.Э. Бархатова О.А. Поглощение эпишурой водонерастворимых ксенобиотиков. *Водные ресурсы*. N 2. 1999. 202-205.

Талиев С.Д., Кожова О.М., Моложавая О.А. Углеводородокисляющие микроорганизмы в биопленках некоторых районах Байкала. *Микроорганизмы в экосистемах озер и водохранилищ*. Новосибирск: Наука. 1985. 64-74.

Хлыстов О.М., Горшков А.Г., Егоров А.В., Земская Т.И., Гранин Н.Г., Калмычков Г.В., Воробьева С.С., Павлова О.Н., Якуп М.А., Макаров М.М., Москвин В.И., Грачев М.А. *Нефть в озере мирового наследия. Доклады АН*. N 5. 2007. 656-659.

Шатилина Ж.М., Лозовой Д.В., Потапов Д.С., Бедулина Д.С., Протопопова М.В., Тимофеев М.А. Белки теплового шока у гастропод и амфипод водоемов Восточной Сибири при экспозиции в

растворах нефти. *Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы. Материалы III Всероссийской конференции по водной токсикологии*. Борок: Изд-во ООО «Ярославский печатный двор». 2008. 196-198.

D.V. Lozovoy. The influence of oil hydrocarbons on Baikalian organisms in natural and laboratory conditions.

We review the present state of investigations concerned with the influence of oil hydrocarbons on Baikalian organisms, showing that not enough attention has yet been drawn to this problem.

Keywords: hydrocarbons, baikalian organisms, Lake Baikal.

Дмитрий Викторович Лозовой

К.биол.н., старший научный сотрудник Научно-исследовательского института биологии при Иркутском государственном университете. Научные интересы: исследования в области экологии и химии нефтяного загрязнения водных экосистем.

664081, Иркутская область, Иркутск, ул. Волжская, 33-18. Тел.: (908) 66-15-012.