



ВЛИЯНИЕ ВОДОРАСТВОРЕННЫХ ГАЗОВ НА ПОВЫШЕНИЕ ИЗОЛЯЦИОННЫХ СВОЙСТВ ГЛИНИСТЫХ ПРОСЛОЕВ (НА ПРИМЕРЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕДВЕЖЬЕ)

Н. Ю. Рахбари

Исследована роль водорастворенных газов на этапе формирования газовой залежи и последующей эксплуатации. Объектом изучения являются сеноманская газовая залежь и подстилающая ее водонапорная система месторождения Медвежье. Приведены результаты расчетов количества выделившихся из водонапорной системы углеводородных газов. Выдвинуто новое предположение о том, что выделившиеся из подземных вод газы способствуют повышению изоляционных свойств вышележащих глинистых покрышек.

Ключевые слова: водорастворенные газы, сеноманская газовая залежь, дегазационные процессы, слоистый разрез.

WATER DISSOLVED GASES INFLUENCE ON INCREASING OF INSOLATING PROPERTIES OF THE CLAY PARTINGS (BY THE EXAMPLE OF THE MEDVEZHYE FIELD)

N. Yu. Rakhbari

The article is dedicated to investigation of a role of water dissolved gases during the gas accumulation formation and subsequent exploitation. The object of study is the Senomanian gas accumulation and the underlying water-pressure system of the Medvezhye field. The calculation data of hydrocarbon gases segregated from the water-pressure system are adduced. A new hypothesis that gases segregated from ground waters promote the increase of insulating properties of the overlying clay caps is made.

Keywords: water-dissolved gases, Senomanian gas accumulation, degassing processes, layered section.

Водонапорная мезозойская система Западной Сибири содержит колоссальные запасы водорастворенного газа (ВРГ), многократно превышающие запасы свободного газа. Например, по подсчетам В. Н. Корценштейна, ресурсы растворенных газов подземных вод Западно-Сибирской платформы составляют 1000 трлн м³ газа [4]. Это побудило некоторых исследователей считать, что ВРГ являются источником восполнения дренированных запасов УВ на месторождениях с длительной историей эксплуатации [5, 12, 13 и др.]. Также выяснилось, что разгазирование подземных вод способствует обводнению газовых залежей [1 и др.].

По нашему мнению, взаимовлияние водорастворенных и свободных газов как при формировании месторождений, так и в процессе последующей их разработки непосредственно зависит от истории геологического развития, литологических особенностей флюидовмещающих отложений, соотношения местной и региональной гидродинамических систем и ряда других факторов. В рамках данной статьи эти вопросы обсуждаются применительно к месторождению Медвежье – одному из самых крупных в России. Оно расположено к востоку от Салехарда в Надым-Пуровской НГО рядом с Губкинским и Уренгойским газовыми месторождениями.

Институт проблем нефти и газа РАН (Москва)

Месторождение отличается сложным строением продуктивной толщи. Характерная его особенность – частое переслаивание песчаных пород различного типа с глинистыми разностями. Всем породам свойственна сильная изменчивость по простиранию, что во многом определило особенности дегазационных процессов при снижении давления ниже давления насыщения.

Дать точную количественную оценку масштабов дегазации подземных вод на месторождении Медвежье достаточно проблематично, учитывая слабую изученность подстилающих его отложений, и в частности отсутствие прямых доказательств значимости вертикальной или латеральной миграции углеводородов к Медвежьему валу. Однако если принять модель преимущественно вертикальной миграции УВ, то зона разгазирования может быть сопоставлена с площадью Медвежьего мегавала. Такое допущение возможно отчасти потому, что в пределах Пур-Тазовского междуречья сеноманские залежи приурочены к высокоамплитудным и тектонически нарушенным структурам (Тазовской, Русской). Поэтому в дальнейших расчетах мы приняли площадь зоны дегазации равной площади месторождения – 2000 км².

Основываясь на исследованиях Н. Н. Немченко (ВНИГНИ) и Э. М. Прасолова (ВНИГРИ), можно с большой уверенностью говорить о том, что газы, растворенные в водах, как и в свобод-



ном состоянии, мигрируют совместно с водой вверх с нефтегазогенерирующих глубин, соответствующих погружению юрских отложений (примерно 2500–3000 м). В связи с этим в вертикальном отношении зона дегазации была ограничена глубиной 2500 м.

Естественно, что температурный режим на месторождении менялся со временем. По данным Н. А. Аммосова, разница между максимальными современными и палеотемпературами для апт-сеноманского комплекса составляла 100 °С и более [6]. По мнению Н. Н. Немченко, современные температуры в сеноманском нефтегазоносном подкомплексе Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна ниже, чем существовавшие в прошлом. Максимальные температуры в кровле сеноманского подкомплекса в Пур-Тазовском междуречье достигали 42–51 °С, т. е. к настоящему времени они уменьшились на 14–23 °С [8]. По данным В. В. Нелюбина, для отложений мела и юры температура снизилась на 10 °С. В. А. Скоробогатов выполнил наиболее детальный палеогеотермический анализ (включая анализ тепловых потоков, изменений толщин комплексов за счет процессов уплотнения и др.) и показал, что для юрских отложений разница современных и максимальных палеотемператур могла достигать 25 °С. Он установил следующие диапазоны изменения современных и максимальных палеотемператур (до начала преднеогенового размыва) в рассматриваемом районе: 25–30 °С для апт-сеноманского комплекса, 18–25 °С для нижнемеловой и юрской частей разреза [10]. Эти данные приняты нами для дальнейших расчетов.

Оценим изменение пластового давления во времени с учетом последнего в геологической истории воздымания изучаемой территории. По оценке разных исследователей [2, 4, 5, 13], месторождение Медвежье формировалось в плиоцен-четвертичное время, когда в северных районах Западной Сибири два глобальных процесса привели к уменьшению пластового давления в мезозойской водонапорной системе. Первый – это снижение уровня моря на 200 м, о чем свидетельствуют переуглубленные речные долины [7], второй – общее тектоническое воздымание территории, особенно интенсивное в районах развития валообразных структур. По данным тектонических построений амплитуда подобных движений могла составить 400–600 м [11]. Таким образом, общее падение давления в это время могло составить 6–8 МПа [7]. После ямальской трансгрессии уровень моря снизился до современного. При уменьшении температуры вод на 10–14 °С, а давления – на 6–8 МПа при восходящих движениях региона в послеолигоценное время в свободную фазу могло выделиться огромное количество газа преимущественно метанового состава.

В рамках данного исследования выполнены расчеты с учетом приведенных данных. По на-

шим оценкам, объемы газа, выделившегося из водорастворенного состояния, намного превышают геологические запасы свободного газа месторождения Медвежье и в сумме составляют около 8 трлн м³.

Для пересчета объема газа в нормальных условиях ($T_0 = 273 \text{ К}$ и $P_0 = 0,103 \text{ МПа}$) к объему, занимаемому им в пластовых условиях, использован объемный коэффициент пластового газа: $b_g = V_{\text{пл}}/V_0$, где $V_{\text{пл}}$ – объем газа в пластовых условиях, V_0 – в нормальных; $b_g = ZT_{\text{пл}}/T_0P_0/P_{\text{пл}} = 0,000378 \cdot ZT_{\text{пл}}/P_{\text{пл}}$.

Таким образом, в пластовых условиях этот газ займет объем $V_{\text{пл}} = b_g V_0 \approx 50$ млрд м³, т. е. примерно в 100 раз меньше (в апт-сеноманском комплексе 8 млрд м³). Это вполне согласуется с выводами В. В. Нелюбина, который еще в 1974 г. считал, что к началу плиоцен-четвертичного времени в неокон-аптском комплексе Надым-Тазовского междуречья, по самым скромным подсчетам, содержится свыше 100 трлн м³ газа.

Несмотря на столь значительный объем газов, выделившихся из подземной гидросферы, он должна быть сопоставлен с количеством газа, которое необходимо для преодоления порога неподвижности газа в условиях двухфазного потока. Мы экспериментально показали, что выделившийся газ приобретает подвижность при коэффициенте газонасыщения 1,3 [9]. С использованием данного коэффициента подсчитаны объемы, при которых возможно свободное продвижение газов, выделившихся из подземных вод при снижении давления ниже давления насыщения (см. таблицу). Для этого территория залежи была разделена на две зоны с учетом известных литологических особенностей ее строения: заглинизированная бортовая часть залежи и более опесчаненная центральная.

Как оказалось, полученные объемы больше тех, которые были выделены из вод на последнем крупном этапе тектонической перестройки. Объемы выделившегося газа достаточны только для обеспечения той газонасыщенности пласта, при которой возможно продвижение свободного газа через водогазонасыщенную толщу. Полученные выводы согласуются с исследованиями Л. Н. Капченко, выполнившего подобные вычисления для Губкинского месторождения [3].

Расчеты не позволяют оценивать роль дегазации подземных вод на этапе формирования месторождения в создании ресурсного потенциала как промышленно важную (несмотря на существенное превышение объемов водорастворенного газа над ресурсами свободного). Однако то, что разгазирование подземной гидросферы обеспечивает повышение газонасыщенности пласта в условиях тонкой литологической слоистости разреза, «высвечивает» иную и весьма важную функцию этого процесса. Речь идет о снижении фазовой проницаемости по воде на



Оценка количества газа, необходимого для преодоления порогового газонасыщения апт-сеноманского комплекса (по Н. Ю. Рахбари, Б. П. Акулинчеву, 2011)

Параметр	Литологические условия	
	заглинизированная бор- товая часть залежи	центральная песчаная часть залежи
Количество пропластков	300	100
Мощность пропластков, м	1	3
Пористость, %	10	25
Газонасыщенность, доли ед.	0,1	0,3
Количество газа, необходимое для преодоления «мертвого» газонасыщения, м ³	≈1,5·10 ⁹	≈23·10 ⁹
Всего		≈25·10 ⁹

бортах Медвежьего вала, проявлении (наряду с литологическим) дополнительного газогидродинамического фактора изоляции зоны нефтегазонакопления (центральная часть вала) от крупнейшей водонапорной системы в периоды, благоприятные для восходящих перетоков газа по литологическим окнам за счет снятия геостатической нагрузки при воздымании территории (или при возможных микросейсмических явлениях). Это значит, что уникальные запасы рассматриваемого месторождения сохранились в геологическом времени, потому что Медвежий вал был отсечен от общего гидродинамического потока, направленного с юга на север и сместившего к северу зону застойного водообмена бассейна.

Необходимо учитывать, что реальное количество газа, которое «застревало» в зонах повышенной глинизации, выше расчетных результатов, поскольку к ним добавляются газы: а) генерируемые глинами самого месторождения; б) растворенные в поровых водах глинистых отложений (даже независимо от их генерационного источника). Объемы их небольшие, но их способность адсорбироваться на глинистой поверхности и на самих молекулах воды в виде мельчайших частичек существенна для повышения изоляционных свойств глинистых пачек в целом. Важно и то, что поровые воды растворяют и переоткладывают на границе глин и песчаников породообразующие минералы, формируя своеобразные корки, которые также становятся дополнительными преградами на пути краевых пластовых вод.

Благодаря такому механизму усиливаются изоляционные свойства глинистых отложений, поскольку они дополняются водно-газовой «покрышкой», забивающей разноразмерные пустоты в основании глинистого пропластка. Естественно, что газы в этом пространстве займут верхнюю (глинистую) часть, воды (в прошлом поровые) – нижнюю, песчанистую, снижая при этом ее фазовую проницаемость. Но водно-газовая «покрышка» в реальной геологической среде может существовать лишь в относительно спокойной геодинамической обстановке, а стрессовые воздействия приведут к ее расформированию. По всей вероятности, две особенности слоистых разрезов объясняются описанным механизмом: образованием так называемых ложных покрышек и пульсационным ха-

рактером продвижения свободного газа в процессе вертикальной и латеральной миграции.

В заключение можно отметить, что обособление газообразных УВ из пластовых вод на заглинизированных бортах Медвежьего вала, наиболее активно проявившееся в олигоцене, стало важным газогидродинамическим фактором изоляции месторождения от водонапорной системы и обеспечения сохранности его уникальных запасов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Васильев, Ю. Н.** Методы прогнозирования обводнения газовых залежей в условиях функционирования АСУ разрабатываемых месторождений: Обзор. инф. [Текст] / Ю. Н. Васильев, П. А. Гереш, Д. А. Пасько. – М.: ИРЦ «ГАЗПРОМ», 1994. – 42 с.
2. **Зорькин, Л. М.** Геохимия газов пластовых вод нефтегазоносных бассейнов [Текст] / Л. М. Зорькин. – М.: Недра, 1973. – 223 с.
3. **Капченко, Л. Н.** Гидрогеологические основы теории нефтегазонакопления [Текст] / Л. Н. Капченко. – Л.: Недра, 1983. – 263 с.
4. **Корценштейн, В. Н.** Водонапорные системы крупнейших газовых и газоконденсатных месторождений СССР [Текст] / В. Н. Корценштейн. – М.: Недра, 1977. – 241 с.
5. **Кругликов, Н. М.** Гидрогеология Западно-Сибирского нефтегазоносного мегабассейна и особенности формирования залежей углеводородов [Текст] / Н. М. Кругликов, В. В. Нелюбин, О. Н. Яковлев. – Л.: Недра, 1985. – 279 с.
6. **Кругликов, Н. М.** Перспективы комплексного освоения водогазового сырья севера Западной Сибири [Текст] / Н. М. Кругликов, В. В. Нелюбин, О. Н. Яковлев // Ресурсы нетрадиционного газового сырья и проблемы его освоения. – Л., 1990. – С. 158–163.
7. **Нелюбин, В. В.** Гидрогеологические условия района Медвежьего и Уренгойского месторождений [Текст] / В. В. Нелюбин // Природный газ Сибири. Вып. 2. – Свердловск: Среднеуральское кн. изд-во, 1971. – С. 177–182.
8. **Особенности** палеогеотермического режима мезо-кайнозойских отложений севера Западной Сибири [Текст] / Н. Н. Немченко, И. И. Нестеров, А. Г. Потеряев, А. В. Рыльков // Проблемы нефти и газа Тюмени. – Тюмень, 1973. – С. 3–7.



9. **Рахбари, Н. Ю.** Роль водорастворенных газов в формировании и процессах разработки газовых месторождений со слоистыми коллекторами (на примере месторождения Медвежье): Автореферат дис. ... к. г.-м. н [Текст] / Н. Ю. Рахбари. – М., 2012. – 22 с.

10. **Скоробогатов, В. А.** Геологическое строение и газонефтеобеспеченность Ямала [Текст] / В. А. Скоробогатов, Л. В. Строганов, В. Д. Копеев. – М.: Недра-Бизнесцентр, 2003. – 343 с.

11. **Чочиа, Н. Г.** Палеогеография позднего кайнозоя Восточной Европы и Западной Сибири

(ледниковая и ледово-морская концепции) [Текст] / Н. Г. Чочиа, С. П. Евдокимов. – Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 1993. 248 с.

12. **Шилов, Ю. С.** Ресурсы водорастворенных газов России [Текст] / Ю. С. Шилов. – М., 1995. – 48 с.

13. **Шилов, Ю. С.** Гидрогеологические изменения в пластовой системе в ходе отработки газовых залежей на примере месторождения Западной Сибири [Текст] / Ю. С. Шилов // Поиски и разведка газовых месторождений. – М.: Недра, 1975. – С. 208–216.

© Н. Ю. Рахбари, 2013

Группа «Прогноз»

включает четыре предприятия, работающих по шести основным направлениям, сочетая принципы классической геологии и новейшие методы, оборудование, технологии, и предоставляет исчерпывающий набор сервиса для горно-геологического бизнеса



1. Комплексные поисково-разведочные работы на твердые полезные ископаемые под ключ в России и за рубежом Центр геотехнологических исследований «Прогноз»

Весь комплекс работ от прогнозирования и выбора поисковых площадей до разведки выявленного месторождения, подсчета и защиты запасов по стандартам ГКЗ и кодекса JORC.

2. Геофизические исследования ООО НПП «Прогнозгеофизика»

Магнитометрические, электроразведочные, георадиолокационные и радиометрические работы на поисках, оценке и разведке месторождений ПИ, занимается исследованиями в области разработки методик интерпретации геофизических полей.

3. Комплексные инженерные изыскания и гидрогеологические работы ООО «Прогноз-Изыскания»

Инженерные изыскания для разработки месторождений, строительства нефтегазопроводов, объектов горнодобывающей, нефтегазовой, дорожной, энергетической отраслей, телекоммуникаций и связи (геодезические, геологические, экологические, гидрометеорологические, гидрогеологические исследования на горнодобывающих объектах и поисково-разведочные работы на подземные воды).

4. Аэрофотосъемочные и аэрогеофизические работы с помощью беспилотных летательных аппаратов ООО «АВАКС-Геосервис»

Аэрофотосъемочные и аэрогеофизические комплексы на базе БПЛА собственной разработки «Дельта» и «Гамма».

5. Геохимические поиски нефтяных и газовых месторождений Специализированный отряд группы «Прогноз»

Региональные геохимические поиски нефти и газа по шламу сейсмозрывных скважин и снежному покрову; био-, лито-, газогеохимические поиски нефти и газа в комплексе с сейсморазведкой; изучение состава пластовых вод и рассолов; составление проектов ОВОС на площадках нефтегазоносных скважин; мониторинг состояния окружающей среды на объектах нефтегазовой отрасли; исследования герметичности затрубного пространства скважин; супервайзерский контроль за проведением геохимических поисков нефти и газа.

6. Поиски и разведка месторождений общераспространенных полезных ископаемых Группа «Прогноз»

Комплексные работы: от прогнозирования и поисков до разведки с составлением ТЭО кондиций, подсчета и защиты запасов и составления и согласования проекта разработки, а при необходимости и дальнейшее геологическое и маркшейдерское сопровождение.



660025, Красноярск, пер.Вузовский, 3, каб.223
Тел.(391)201 13 26, факс (391) 201 13 27, e-mail: cgi-prognoz@list.ru