

СТРУКТУРНАЯ АНИЗОТРОПИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И УТИЛИЗАЦИЯ БУРОВОГО ШЛАМА

А. В. Чепрасов, А. И. Трегуб

Воронежский государственный университет

Поступила в редакцию 20 сентября 2009 г.

Аннотация. При эксплуатации нефтегазовых месторождений существует проблема утилизации отходов бурения. Одним из наиболее надежных способов является закачка шлама в пласт. Большое значение имеет структура пласта. Она может быть установлена с помощью структурных методов, основанных на стохастических моделях.

Ключевые слова: нефтегазовые месторождения, утилизация буровых отходов, структурная анизотропия.

Abstract. When exploitation of oil-gas-fields there is problem of drilling wastes utilization. The injection of wastes in layer is one of more reliable way. The structure of layer is very important. It may be revealed by structure methods based on stochastic models.

Key words: oil-gas-field, utilization of drilling wastes, structural anisotropic

В настоящее время при эксплуатации нефтяных и газовых месторождений сталкиваются с проблемой переработки и утилизации отходов бурения. В России практически все отходы, связанные с бурением, складываются на полигонах и в шламовых амбарах, что, однако, не освобождает компании от необходимости их утилизации. Весьма обычной является практика сливания жидких продуктов бурения в землю и захоронения твердых продуктов на арендованных землях [5]. Шламовые амбары и котлованы предназначены для хранения в них бурового и тампонажного растворов, буровых сточных вод и шлама, продуктов испытания скважин, материалов для приготовления и химической обработки буровых и тампонажных растворов, ГСМ, хозяйственно-бытовых сточных вод и твердых бытовых отходов, а также ливневых сточных вод. Процентное соотношение между этими составляющими меняется в зависимости от геологических условий, технического состояния оборудования, культуры производства. Средний состав отходов: 65 % воды, 30 % шлама (выбуренной породы), 5,5 % нефти, 0,5 % бентонита и 0,5 % различных присадок, которые используются для

обеспечения оптимальной работы буровых установок [6, 7]. Использование котлованов и амбаров для размещения и хранения шлама, бурового раствора и других материалов является небезопасным в экологическом отношении способом хранения. На практике обычным является использование неподготовленных, открытых котлованов, что ведет к просачиванию потенциально токсичных веществ в землю и загрязнению окружающей среды. Специально оборудованные котлованы могут быть причиной загрязнения среды при повреждении и переполнении хранилищ. Закрытые амбары, применяемые для хранения буровых отходов, являются более надежными. Они имеют крышку, которая изолирует шлам от окружающей среды, животных и домашнего скота. Однако данная система не является герметичной, и газообразные продукты могут попадать в атмосферу. Кроме того, система не имеет вторичной защиты, подвержена коррозии, что может приводить к загрязнению окружающей среды [4, 5]. По имеющимся прогнозным оценкам, в России добыча нефти возрастет к 2020 г. в нефтегазоносных провинциях Европейской части до 120 млн т в год, в Западно-Сибирской провинции – до 315 млн т в год, в Восточной Сибири – до 60 млн т в год, на Дальнем

Востоке – до 20 млн т в год [2]. Этот рост будет сопровождаться и соответствующим ростом экологических проблем. В настоящее время обычными способами утилизации нефтяных шламов являются: сжигание плавающей в амбарах нефти; биохимическое разложение путем «разбрасывания» нефтяного шлама на поверхность почвы или откачки на поля орошения; компостирование (перемешивание шлама с торфом, соломой и т. п.); захоронение шлама в специально отведенном месте (на промышленных и бытовых свалках) [4]. Вместе с тем появились данные о значительной токсичности нефтешламов, об их высокой подвижности в подземных водах и почвах. Это заставило пересмотреть применяемые способы утилизации. Одним из наиболее надежных способов признается закачка шлама в пласт. В настоящее время она применяется в странах Северной и Южной Америки [4, 5]. Шлам преобразуется в пульпу с определенной вязкостью, которая закачивается в пласт с помощью насоса высокого давления. Технологию можно адаптировать под уже существующие шламовые амбары и полигоны, извлекать шлам непосредственно оттуда для закачки его в скважину. Применяют два способа закачки шлама в пласт: кольцевая закачка (Annular injection) и использование специальных скважин для промысловых отходов (Disposal well injection). В процессе кольцевой закачки шлам попадает в определенный пласт через пространство между обсадными трубами в нефтяных или газовых скважинах. В нижней части внешней обсадной трубы шлам проникает в пласт. При использовании скважины для промысловых отходов шлам закачивается в пласт под давлением с использованием насосно-компрессорных труб ниже обсадной колонны или в перфорированную секцию, созданную специально для закачки шлама в интервалах принимающего пласта [4].

Применение названных методов требует комплексного подхода к проекту. Этот подход включает первоначальный сбор геологических данных, данных каротажа, построение геологических моделей, определение потенциальных горизонтов для закачки шлама в пласт, определение давления закачки, прогнозирование сопряженных с этим рисков [5, 7]. Важнейшее значение при определении рисков имеет структура выбранного пласта в окколескважинном пространстве, наличие в нем возможных окон перетока, связанных с разрывами сплошности ограничений пласта, локальных пликтивных нарушений, обуславливающих неравномерное распределение внутрислоевого давления,

формирование концентраторов напряжений, увеличивающих вероятность разрушения пласта и неконтролируемого перемещения закачиваемых отходов. Достаточно эффективным для структурного прогноза в условиях Западной Сибири может быть признан морфоструктурный анализ. Один из его методов – метод изучения структурной анизотропии. Метод основан на использовании индикатрисы анизотропии геологических объектов [3] и может быть предложен для анализа неоднородностей пространства около скважины, используемой для закачки. Полная характеристика анизотропии описывается четырьмя параметрами: показателем изменчивости, ориентировкой осей анизотропии, показателем и индикатрисой анизотропии. Показатель изменчивости по конкретной линии внутри объекта – это отношение количества пересекаемых элементов к длине линии, а показатель изменчивости поля – средний градиент изменчивости параметра по данному направлению – это отношение суммы показателей изменчивости по конкретным линиям к количеству этих линий.

Оси анизотропии – это направления внутри изучаемого объекта с максимальными различиями изменчивости, а показатель анизотропии – это отношение максимальной изменчивости к минимальной. Индикатрисой анизотропии называется эллипсоидная поверхность, величина радиуса-вектора которой в масштабе отображает изменчивость параметра внутри объекта в направлении радиуса-вектора. При использовании двумерной модели индикатриса может быть представлена эллипсом [3].

Индикатриса анизотропии – графическое изображение координированной изменчивости того или иного параметра изучаемого объекта. При изучении структурной анизотропии в качестве таких параметров могут быть использованы гипсометрическое положение поверхностей напластования или мощность пласта. Измерения этих параметров проводятся по сериям параллельных профилей, ориентировка которых последовательно изменяется в определенных интервалах значений. Характер индикатрисы анизотропии отражает деформационное поле пласта, поскольку особенности его залегания подчинены в первую очередь интегральному полю тектонических напряжений, действовавших как во время образования пласта, так и после перехода его в ископаемое состояние. Можно считать, что индикатриса анизотропии в значительной степени является отражением эллипсоида деформации, оси которого

коррелятны осям индикатрисы анизотропии. При деформации пласта неизбежно изменяются его внутренние свойства и, прежде всего, степень его проницаемости в направлениях максимальной и минимальной изменчивости. Это может оказывать влияние на характер движения внутри пласта закачиваемых отходов. Определение предполагаемого направления движения закачиваемых в скважину промысловых отходов, а также скорости их перемещения имеет большое значение при оценке экологических рисков, связанных с буровыми и промысловыми работами на нефтегазовых месторождениях.

В качестве примера (рис.) может быть приведен расчет параметров анизотропии пласта закачки вокруг одной из скважин месторождения Ванкор (Зап. Сибирь). Исходными данными для расчета были данные об изменении гипсометрического положения пласта. Анализ проведен по сериям параллельных профилей с 10-градусным интервалом. Расчеты показывают значительную анизотропию пласта закачки с осью максимальной изменчивости, ориентированной в направлении СЗ 322° – ЮВ 142° и минимальной – СВ 50° – ЮЗ 230°. Показатель анизотропии составляет 3,2. Исходя из общей ситуации пологого погружения пласта в северо-западном

направлении, можно сделать вывод о том, что в процессе такого погружения пласт испытал деформацию удлинения-укорочения. А оси удлинения и укорочения по направлению совпадают, соответственно, с максимальной и минимальной осями индикатрисы анизотропии пласта. По величине коэффициента анизотропии можно оценить величину деформации удлинения-укорочения пласта, равную + 2,31 % (в направлении удлинения). При такой характеристике деформационного поля следует ожидать общего разуплотнения пласта вдоль оси максимальной анизотропии. Это разуплотнение в целом коррелируется с величиной деформации. Оно осуществляется через увеличение пористости пласта и скважности имеющихся в нем трещин, что в совокупности приводит к увеличению коэффициента фильтрации, а это существенно влияет на скорость и направление перемещения закачиваемых отходов. Движение закачиваемой жидкости, кроме того, зависит и от уклона пласта, величина которого в данном случае составляет 1,7 м на 1 км в направлении СЗ 320°. В совокупности все это определяет преимущественное направление движения потока закачиваемых промысловых отходов от скважины в северо-западном направлении по азимуту 322°. При необходимости, зная вязкость закачиваемой

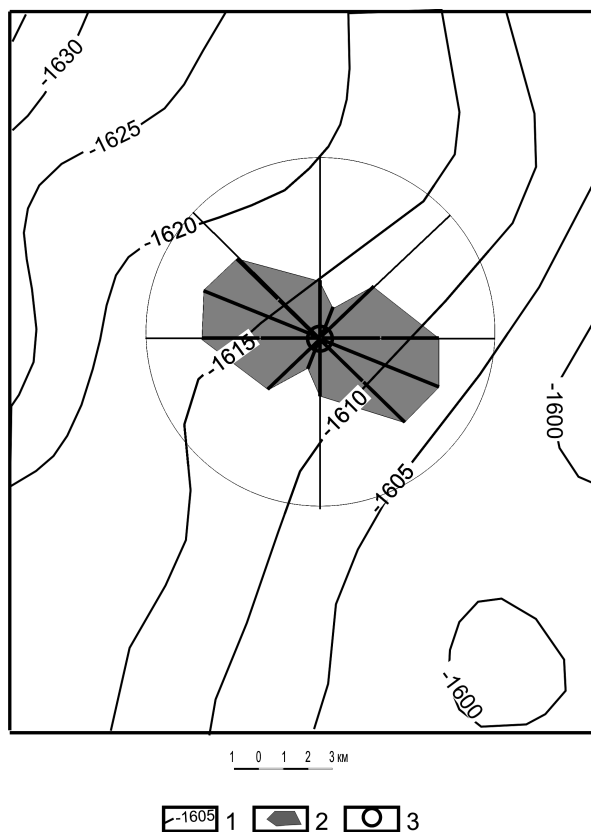


Рис. Анизотропия околоскважинного пространства в пределах месторождения Ванкор (Зап. Сибирь):
1 – изогипсы пласта закачки, 2 – индикатриса анизотропии пласта, 3 – скважина закачки

пульпы, исходное давление при закачке, можно определить и возможную скорость перемещения отходов в пределах пласта.

Полученные данные необходимо учитывать при составлении динамической модели движения закачиваемых отходов бурения и при определении возможных экологических рисков, связанных с этим процессом, поскольку направление движения отходов в пределах пласта становится предсказуемым по основным параметрам. При определении местоположения новых скважин учет характеристики потока отходов позволяет наметить меры по недопущению в процессе бурения выхода этих отходов за пределы пласта закачки, загрязнения водоносных горизонтов или земной поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Куценко В. В.* О состоянии экологической безопасности в РФ и деятельности Госком экологии России по ее обеспечению / В. В. Куценко, А. Е. Данилов // Известия Академии промышленной экологии – 1999. – № 3. – С 99–100.
2. *Стефаненко С.* Далеко ли светлое будущее геологоразведки? / С. Стефаненко // Нефть России, № 9. – 2009. – С. 34–39.
3. *Четвериков Л. И.* Оценка анизотропии геологических объектов // Вестн. Воронеж. ун-та. Сер.: Геол. – 2000. – Вып. 9. – С. 26–31.
4. An Introduction to Slurry Injection Technology for Disposal of Drilling Wastes / Brochure prepared by Argonne National Laboratory for the U. S. Department of Energy, Office of Fossil Energy, National Petroleum Technology Office. – September, 2003.
5. *Veil J. A.* Evolution of Slurry Injection Technology for Management of Drilling Wastes / J. A. Veil, M. B. Dusseault. – Prepared by Argonne National Laboratory for the U.S. Department of Energy, Office of Fossil Energy, National Petroleum Technology Office, September, 2003. – 20 p.
6. <http://www.ngv.ru/default.aspx>
7. <http://neftegaz.ru>
8. <http://www.earthworksaction.org>

*Воронежский государственный университет
А. И. Трегуб, профессор кафедры общей геологии и геодинамики геологического факультета
Тел. 8 (4732) 208-379*

*А. В. Чепрасов, аспирант кафедры общей геологии и геодинамики геологического факультета
Тел. 8 (4732) 208-379*

*Voronezh State University
A. I. Tregub, professor, chair of geology and geodynamic
Tel. 8 (4732) 208-379*

*A. V. Cheprasov, post-graduate student, chair of geology and geodynamic
Tel. 8 (4732) 208-379*