

СЕЙСМОСТРАТИГРАФИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ СОВМЕСТНОЙ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ МИНЕРАЛЬНЫХ СОЛЕЙ И УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ*

И.А. Санфиоров, *Горный институт УрО РАН*
 А.И. Никифорова, *Горный институт УрО РАН*
 М.В. Калашникова, *Горный институт УрО РАН*
 А.А. Жикин, *Горный институт УрО РАН*

В пределах Верхнекамского месторождения калийных солей открыто 12 месторождений нефти, связанных со структурами облекания рифов позднедевонско-турнейского возраста. Их эксплуатация сложна либо невозможна без нанесения ущерба калийной залежи. Выполнен анализ влияния рифогенных структур на особенности строения калийной залежи. Формирование ослабленных зон в соляной толще установлено прямыми (бурение скважин, опробование) и дистанционными (сейсморазведочные работы, газогеохимическое опробование) исследованиями. Показана взаимосвязь между фациями рифов и зонами ослабления водозащитной толщи калийной залежи, обуславливающая возможности разработки нефтяных месторождений. Разработана методика оценки сложности строения и ухудшения свойств соляной толщи над рифами Березниковского палеоплато, основанная на взаимодополняющем изучении подсолевого и соленосного комплексов пород.

Ключевые слова: *Верхнекамское месторождение калийных и магниевых солей, сейсморазведка, риф, фация, негативные изменения.*

Согласно действующим требованиям по промышленной безопасности, эксплуатация месторождений нефти в подсолевых отложениях Верхнекамского месторождения калийных солей (ВКМКС) допускается на безрудных и некондиционных участках калийной залежи. Выявление взаимосвязи негативных изменений внутренней структуры и состава соляной толщи с рифогенными образованиями имеет большое теоретическое и практиче-

ское значение как для калийной, так и для нефтяной промышленности.

Впервые предположение о взаимосвязи негативных изменений внутренней структуры и состава соляной толщи ВКМКС с рифогенными образованиями высказано в 1998 г. [3].

Геологической основой выявленных закономерностей является процесс дифференциации рельефа дна солеродного бассейна вследствие неодинаковой способно-

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Пермского края (грант № 13-05-96005).

сти к постседиментационному уплотнению подстилающих пород различного генезиса и литологического состава [9]. Кроме того, наличие жесткого и в то же время пористого и проницаемого рифового массива в большой степени предопределяет более активное, по сравнению с синхронными толщами движение пластовых вод, а следовательно, и более интенсивные катагенетические процессы [2].

Формирование ослабленных зон в соляной толще ВКМКС над рифовыми массивами Березниковского палеоплато установлено прямыми (бурение скважин, опробование) и дистанционными (малоглубинные сейсморазведочные работы, газогеохимическое опробование) исследованиями. Возможность наличия подобных ослабленных участков обоснована методами математического моделирования [3, 15]. Негативные изменения строения калийной залежи заключаются в замещении каменной солью продуктивных пластов, уменьшении их мощности и снижении содержания полезных компонентов; ухудшении физико-механических свойств; проявлении газодинамических явлений; трещинообразовании, интенсивной складчатости.

Рассматриваемые изменения носят как конседиментационный, так и постседиментационный характер. Первый определяется главным образом рельефом дна солеродного бассейна и выражается в неодинаковых условиях эвапоритонакопления. Второй связан как с влиянием нижележащих толщ, так и с перекрывающими соляной комплекс отложениями. Результаты геомеханических расчетов показывают, что в процессе формирования надсолевых отложений создаются предпосылки к образованию в соляной толще зон трещиноватости, обусловленных существенным изменением напряженно-деформированного состояния.

До настоящего времени в рамках прогноза влияния рифов позднедевонского возраста на галогенез иренской толщи они рассматривались как монолитные, единые в своем строении и свойствах

объекты. Тем не менее рифам присуще формирование специфической литолого-морфологической и фациальной зональности. Для рифов Березниковского палеоплато наибольшая толщина, достигающая 600 м, соответствует западным вершинам, где и формировалась волноломная структура, т.е. гребень.

Анализ положения зон замещения, характера уменьшения мощности продуктивных пластов и содержания полезных компонентов, участков газопроявлений, осложнений волнового поля относительно поверхности турнейско-фаменских отложений позволяет предположить зависимость распределения негативных изменений строения калийной залежи относительно палеорельефа рифовых массивов. Масштабы данных процессов убывают от гребня к лагуне при промежуточном положении склона и рифовой платформы.

На сегодняшний день накоплен значительный объем сейсморазведочных данных, характеризующих строение подсолевого (нефтеперспективного) комплекса ВКМКС. Опыт изучения внутреннего строения крупных рифогенных массивов показал, что литологическая неоднородность, свойственная карбонатным отложениям, проявляется в разнообразии характера сейсмической записи. Поэтому в основе изучения особенностей осадконакопления лежит сейсмофациальный анализ по данным сейсморазведки 3D [4, 7, 8, 11, 12]. Аналогичный анализ, но в более упрощенном варианте, выполнен по материалам сейсмических исследований 2D [10].

Для изучения строения соленосного и надсолевого комплексов оптимальна малоглубинная сейсморазведка (НМСВР) [6, 14]. По нарушениям структуры волновой картины, снижению интенсивности и значениям скоростной характеристики на профильных линиях намечаются участки, отличающиеся по упругим свойствам от вмещающего массива пород. При их локализации учитывается согласованность негативных изменений анализируемых характеристик волнового поля – «ком-

плексный параметр» [13]. С целью выявления причины аномальных особенностей разреза проводится оценка вклада в формирование осложнений волнового поля каждой характеристики в отдельности. Литологические особенности разреза определяют изменчивость скоростей [5]. Совместное влияние расчлененности и скоростной дифференциации среды отражается в распределении нормированных значений амплитуд [1]. Особенности частотной составляющей связаны со структурой разреза и криволинейностью границ [14]. Снижение значений перечисленных параметров служит индикатором негативных изменений физико-механических свойств породного массива водозащитной толщи и продуктивной толщи.

Проведенные исследования и результаты практических экспериментов лежат в основе комплексной интерпретации разнотемпературных сейсмостратиграфических данных [10]. Практическое опробование методики сейсмостратиграфического анализа строения разреза ВКМКС в условиях различной обеспеченности данными сейсморазведки выполнено для центральной (Быгельско-Троицкий участок), северной (Половодовский участок) и южной (Палашерский участок) части месторождения.

На основании полученных результатов разработаны рекомендации по размещению профилей, направленные на доизучение иренской соляной толщи.

В 2013 г. перед проведением полевого этапа малоуглубинных сейсморазведочных наблюдений в южной части ВКМКС выполнена оценка сложности строения и ухудшения физических свойств соляной толщи над Белопащинским рифом (рис. 1). Основываясь на характере распределения эффективных скоростей, амплитуд и частот, можно сделать вывод о преобладающем влиянии на формирование данных участков литологического фактора и второстепенном – структурного. Наиболее проблемной с позиций безопасного ведения горных работ представляется периферия рифа. Однако, принимая во внимание опыт исследований, выполненных на Половодовском и Быгельско-Троицком участках, можно предполагать наличие негативных изменений соляной толщи и в зоне преимущественного развития массивных биогермных пород. Этим участкам уделено особое внимание при проектировании сейсморазведочных исследований (см. рис. 1).

Разработанная схема частично реализована на данный момент. Положение ре-

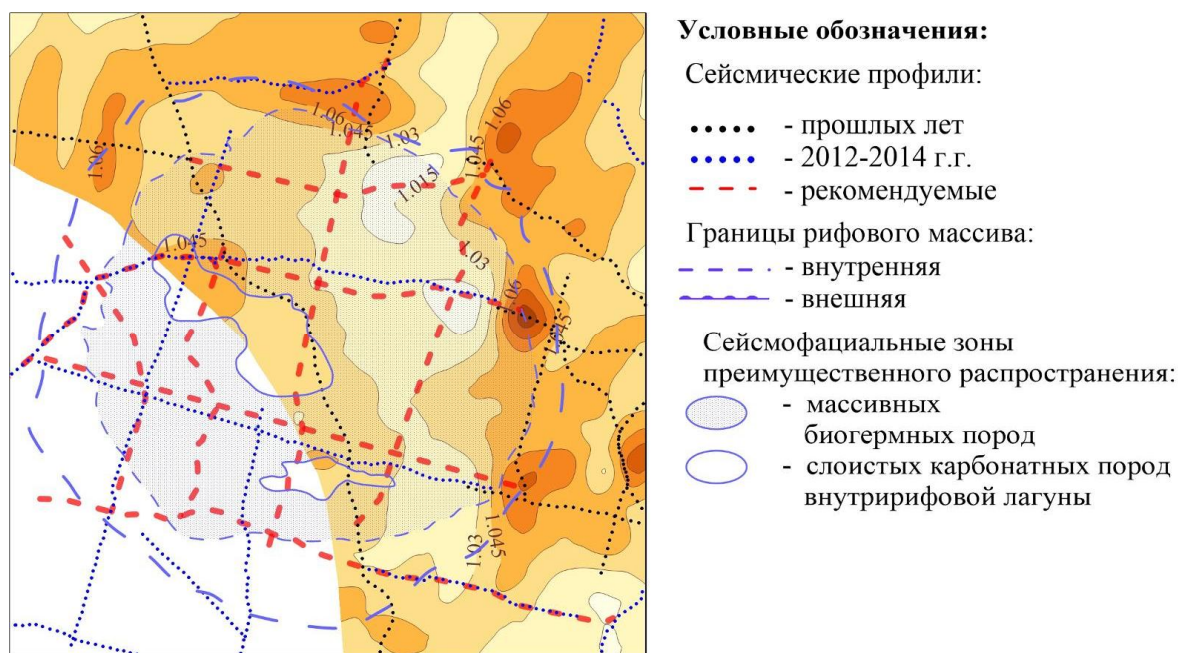


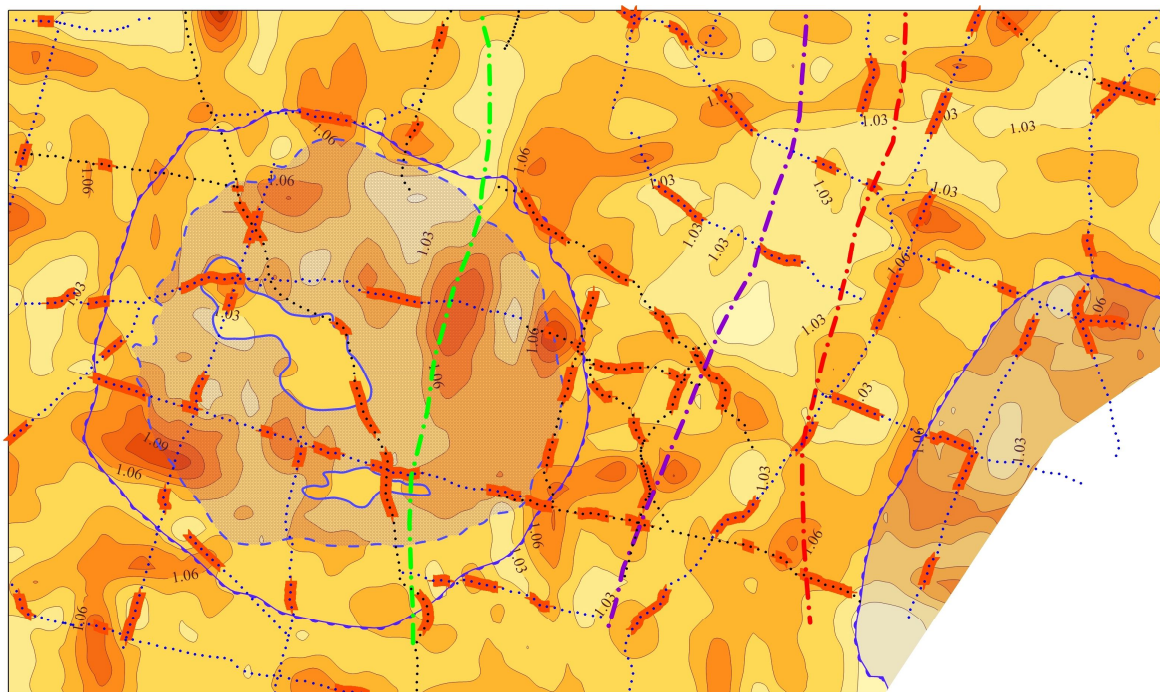
Рис. 1. Схема рекомендуемых профилей малоуглубинной сейсморазведки в пределах Белопащинского рифа

ально пройденных профилей несколько отличается от проектных в связи с поверхностными условиями. Полученные результаты согласуются с предположениями, высказанными ранее (рис. 2).

Наиболее проблемными на момент проведения исследования представляются краевые части рифовых массивов и центральная часть площади работ в зоне влияния Соликамского надвига. Для участков, отмеченных по негативным особенностям сейсморазведочных парамет-

ров, рекомендуется проведение дополнительной геомеханической интерпретации сейсморазведочных данных, а также выполнение режимных сейсморазведочных наблюдений в процессе отработки.

Полученные результаты после их проверки целевыми геофизическими исследованиями в комплексе с прямыми методами могут быть использованы для обоснования выделения некондиционных участков калийной залежи, пригодных для добычи углеводородного сырья.



Условные обозначения:

- | | | |
|--------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Сейсмические профили: | Соликамский надвиг на поверхности: | ■ - осложнения волнового поля |
| - прошлых лет | — СМТ — ПКС — Кр II | |
| - 2012-2014 г.г. | | |
| ○ - месторождение нефти и газа | Границы рифового массива: | Сейсмофациальные зоны преимущественного распространения: |
| | - - - внутренняя | ○ - массивных биогермных пород |
| | — - - внешняя | ○ - слоистых карбонатных пород внутририфовой лагуны |

Рис. 2. Схема сопоставления распределения комплексного параметра с известными особенностями геологического строения

Библиографический список

1. Авербух А.Г. Изучение состава и свойств горных пород при сейсморазведке. – М.: Недра, 1982 – 232 с.
2. Багринцева К.И. Условия формирования и свойства карбонатных коллекторов нефти и газа. – М.: РГГУ, 1999 (II). – 285 с.
3. Барях А.А., Санфиоров И.А., Еремينا Н.И. и др. О влиянии рифогенных образований на структуру верхних этажей осадочного чехла // ДАН. – 1998. – Т. 363. – С. 371–374.
4. Гаврин Ю.Г., Калабин С.Н., Семенов Б.А. Применение сейсморазведки для детального изучения залежей нефти и прогноза нефтеносности сложнопостроенных карбонатных массивов. – М.: ВНИИОУиЭНП, 1993. – 38 с.

5. *Галаган Е.А., Епинатьева А.М., Патрикеев В.Н., Стариченко Н.Д.* Решение литологических задач сейсмическими методами разведки. – М.: Недра, 1979. – 224 с.
6. *Глебов С.В.* Обоснование рациональных комплексов геофизических исследований водозащитной толщи на месторождениях водорастворимых руд. Дис. ... канд. техн. наук: 25.00.16. – Пермь, 2006. – 156 с.
7. *Гогоненков Г.Н., Эльманович С.С., Кирсанов В.В., Михайлов Ю.А.* Методика комплексной интерпретации геолого-геофизических данных на сеймостратиграфической основе // Обзор ВНИИЭГАЗПРОМ, Вып. 4 – М.: 1984. – 46 с.
8. *Гогоненков Г.Н., Михайлов Ю.А.* Сеймостратиграфический анализ в нефтегазопроисловых исследованиях // МГК. – М.: 1984. – С. 54–56.
9. *Ильин В.Д., Фортунатова Н.К.* Методы прогнозирования и поисков нефтегазоносных рифовых комплексов. – М.: Недра, 1988. – 201 с.
10. *Никифорова А.И.* Комплексная интерпретация разновозрастных сеймостратиграфических данных для территориально-совмещенных галогенных и рифовых формаций // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2013. – № 1. – С. 385–390.
11. *Неганов В.М.* Сейсмогеологическая интерпретация геофизических материалов среднего Приуралья и перспективы дальнейших исследований на нефть и газ. – Пермь: Перм. гос. ун-т, 2010. – 248 с.
12. *Птецов С.Н.* Анализ волновых полей для прогнозирования геологического разреза. – М.: Недра, 1989. – 135 с.
13. *Санфиоров И.А., Прийма Г.Ю., Семерикова И.И., Пригара А.М.* Достоверность интерпретационных выводов малоглубинной сейсморазведки // Проблемы горного недроведения и системологии: Матер. науч. сессии Горного ин-та УрО РАН. – Пермь, 1999. – С. 3–5.
14. *Санфиоров И.А.* Рудничные задачи сейсморазведки МОГТ. – Екатеринбург, 1996. – 167 с.
15. *Федосеев А.К.* О вкладе рифогенных образований в формирование природно-ослабленных зон в соляной толще // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – № 4. – С. 141–145.

SEISMOSTRATIGRAPHIC JUSTIFICATION OF JOINT DEVELOPMENT POSSIBILITY OF MINERAL SALT AND HYDROCARBON DEPOSITS

I.A. Sanfirov, A.I. Nikiforova, M.M. Kalashnikova, A.A. Zhikin

Mining Institute UB RAS

12 oil deposits, connected with reef structures of the Late Devonian–Tournaisian age, have been opened within the Upper Kama potash deposit. Their exploitation is difficult or impossible without damage to the potash deposit. Impact analysis of the reef structures on the structural features of the potash deposit has been performed. The formation of weakened zones in the salt thickness has been found with the help of direct (well drilling, sampling) and remote (seismic surveys, geochemical sampling) studies. The connection between the reef facies and weakened zones of waterproof thickness of the potash deposit, determining possibilities of the development of oil deposits, is shown. A method for evaluating the complexity of the structure and deterioration of the salt thickness over the reefs of the Bereznikovskoe paleoplateau has been developed based on mutually complementary study of subsalt and saliferous rock complexes.

Keywords: the Upper Kama potash deposit, seismic exploration, reef, facies, adverse changes.

Сведения об авторах

Санфиоров Игорь Александрович, доктор технических наук, заместитель директора по научной работе, Горный институт УрО РАН (ГИ УрО РАН), 614007, г. Пермь, ул. Сибирская, 78А; e-mail: sanf@mi-perm.ru

Никифорова Анастасия Игоревна, кандидат технических наук, научный сотрудник отдела активной сейсмоакустики, ГИ УрО РАН; e-mail: nikiforova_ai@mail.ru

Калашникова Марина Михайловна, ведущий инженер отдела активной сейсмоакустики, ГИ УрО РАН; e-mail: kalashnikova@mi-perm.ru

Жикин Александр Андреевич, инженер отдела активной сейсмоакустики, ГИ УрО РАН; e-mail: alexzhikin@gmail.com

Материал поступил в редакцию 21.10.2016 г.