

УДК 550.8.05

УТОЧНЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ СЕВЕРНОГО БОРТА ПРОДУКТИВНОГО ГОРИЗОНТА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Д.М. Ялалов, М.В. Ромашов, И.В. Орешко,
И.П. Воронцов, А.Е. Ибраев

По результатам ранее проведенных работ на изучаемом месторождении установлен значительный потенциал увеличения начальных запасов нефти. В конце 2019 г. в рамках пилотного проекта в краевую зону рассматриваемого продуктивного пласта были пробурены скважины, подтвердившие наличие потенциала в неразбуренной области северного борта месторождения, которую до сих пор относили к малоперспективной.

Перед авторами была поставлена задача оценки перспектив разработки краевых областей месторождения и построения детальной геологической модели северного борта месторождения. Детальная модель нацелена на прогноз развития элементов флювиальной системы продуктивного горизонта на основе данных бурения и результатов сейсмических исследований в неразбуренных частях месторождения.

С целью прогноза зон распространения русловых комплексов были привлечены данные сейсморазведки 3D высокого разрешения 2019 г. На основе динамического анализа были выполнены интерпретация зон распространения русловых комплексов и их классификация в объеме исследуемого пласта месторождения. Основной акцент был сделан на выделении и картировании мелких русел в краевой зоне пласта с целью дальнейшего детального геологического моделирования и оценки потенциала разработки с учетом новых данных.

Ключевые слова: обстановки осадконакопления, спектральная декомпозиция, геологическое моделирование, начальные геологические объемы, флювиальная система.

Практическое использование накопленных знаний по изучаемому объекту осуществляется с помощью концептуальной модели, которая является фундаментальным понятием исследования и служит принципиальной основой для решения геологических задач. Согласно седиментологическим исследованиям керн, отложения изучаемого горизонта накапливались в прибрежно-морских условиях в пределах приливо-отливной отмели со значительным влиянием приливо-отливных процессов на элементы речной системы [1]. Выделяется две фазы накопления осадка: первая (ранняя) фаза – доминирование распределительных каналов, связанное с основным циклом проградации дельты; вторая (поздняя) фаза – доминирование бухт и заливов, расположенных между распределительными каналами. В позднюю фазу отложения межрусловых бухт занимали большие площади в системе осадконакопления.

Пространственное соотношение конкретных фациальных обстановок в условиях стабильного морского побережья (рис. 1) контролируется различными типами гидродинамической активности (штормовой, волновой, приливо-отливной,

речной). Приливо-отливные процессы способны перераспределять терригенный материал на значительные территории как в направлении суши, так и в направлении моря, формируя в переходной зоне приливо-отливной равнины коллекторы «шнуркового» типа (приливо-отливные каналы) [3]. На побережье при продвижении береговой линии образуются толщи с уменьшением зернистости вверх по разрезу. Изменение зернистости по разрезу может отражать смену обстановок осадконакопления по площади. Отложившиеся осадочные толщи частично или полностью эродированы в последующих циклах.

В результате изучаемые отложения представлены сложной системой речных и дельтовых каналов, прорезающих вмещающие породы, в т.ч. пойменных областей, приливо-отливной равнины, берегового склона, прибрежных лагун и бухт, с высокой степенью анизотропии как по площади, так и по разрезу.

Пространственное распределение фациальных зон

Данные сейсморазведки особенно актуальны при прогнозе фациальных зон и объемных тел в краевых зонах, поскольку плотность бурения в них значительно ниже,

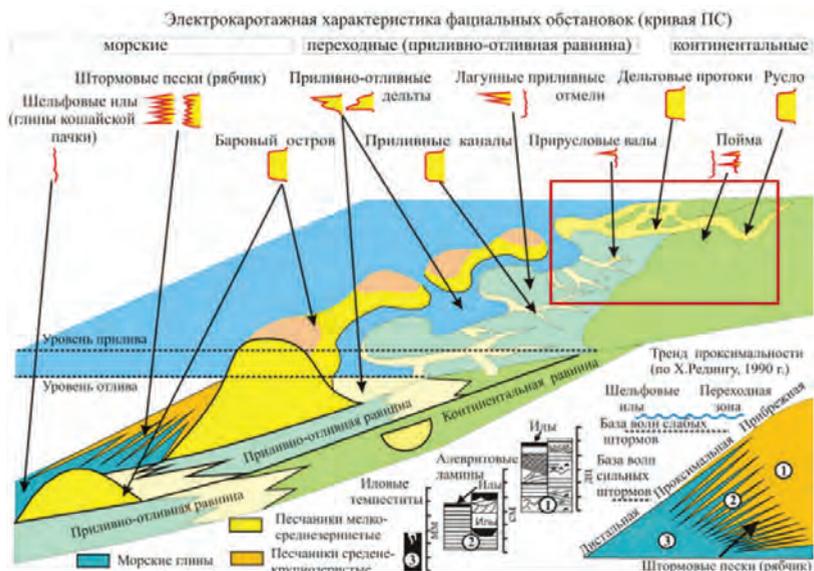


Рисунок 1. Концептуальная схема фациальной обстановки [3]

чем в сводовой части месторождения. В то же время с целью набора достаточной для прогноза статистики необходимо было выполнить подробную интерпретацию данных и выявление объектов, в т.ч. и в хорошо разбуренной части, чтобы повысить достоверность прогноза.

В прошлом году на изучаемом месторождении были выполнены полевые сейсморазведочные работы 3D, их обработка и интерпретация. Площадь новой съёмки была существенно увеличена, что позволило получить полнократные данные по всей площади месторождения. Качество данных 3D сейсморазведки, выполненной на площади более 15 лет назад, позволяло оконтурить только крупные седиментационные тела, что затрудняло детальное картирование обстановок осадконакопления. При сопоставлении карты атрибута Variance по основному продуктивному интервалу для старой и новой съёмок 3D

(рис. 2) видно, что был получен колоссальный прирост информации, касающийся, в первую очередь, небольших врезок, русел, каналов как в центральной, так и в краевой зоне месторождения.

С целью улучшения детализации геологического строения было принято решение сосредоточиться на выделении по данным сейсморазведки как можно большего количества полигонов геотел с классификацией по размеру и глубине. В качестве основы были использованы атрибуты Variance и кубы спектральной декомпозиции. Было выполнено картирование всех видимых полигонов в интервале отражения внутри продуктивного пласта +/- 30 мс с шагом 2 мс, которые можно интерпретировать как врезки и напрямую передать их для интеграции в геологическую модель. На рис. 3 показаны срезы кубов спектральной декомпозиции с применением СМУ-смешивания внутри продуктивного

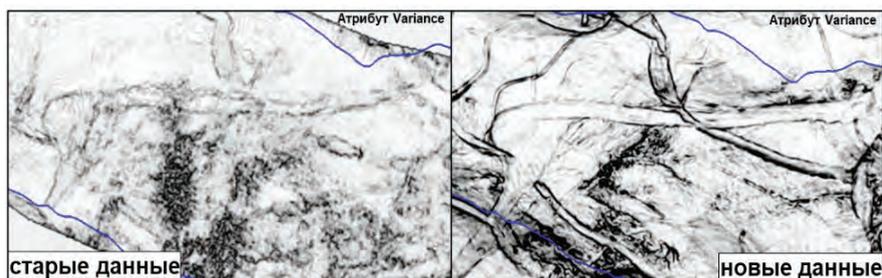


Рисунок 2. Сопоставление карт атрибута Variance по отражающему горизонту для старой и новой съёмок 3D

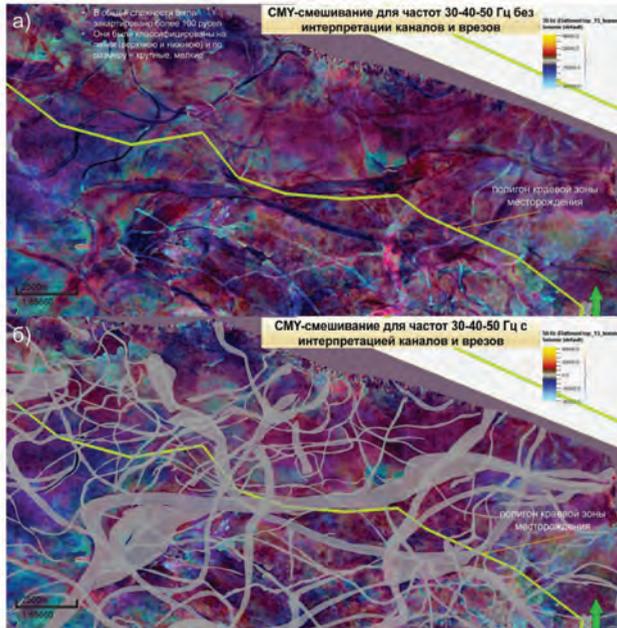


Рисунок 3. СМУ-смешивание кубов спектральной декомпозиции с частотами 30–40–50 Гц по целевому ОГ без интерпретации (а) и с выделенными полигонами русел (б)

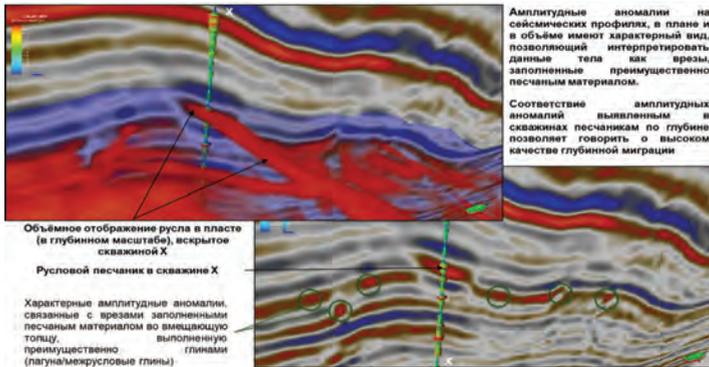


Рисунок 4. Объемное выделение геотел на примере скважины X, вскрывающей русловые песчаники продуктивного пласта

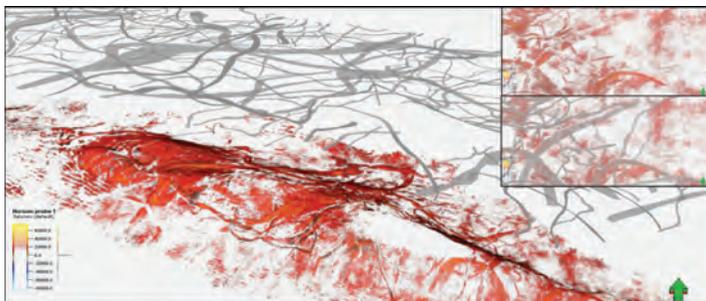


Рисунок 5. Сопоставление полигонов врезов с выделением геотел в объеме по материалам куба PSDM в интервале продуктивного пласта исследуемого месторождения

интервала до выполнения интерпретации (а) и с выявленными каналами, врезами, руслами (б).

В общей сложности было закартировано 118 элементов флювиальной системы. Особое внимание было уделено мелким руслам в краевой зоне месторождения, которые могут представлять интерес при планировании эксплуатационного бурения. В результате комплексного анализа сейсмических данных получены полигоны площадного распределения основных фациальных тел. Они были разделены на несколько классов на основе объёмного выделения геотел (рис. 4–5): приуроченные к верхнему интервалу продуктивного горизонта, к нижнему интервалу и к переходной области. Отдельным классом были выделены мелкие русла.

Статистический анализ, построение геологической модели

Бортовая часть месторождения менее подробно освещена бурением скважин, прогноз распределения флювиальных тел в межскважинном пространстве основывается на результатах анализа сейсмических исследований. Несмотря на сложный характер залегания различных фаций в прибрежно-морской обстановке осадконакопления, сейсмические исследования позволили с достаточной степенью достоверности выделить пространственное распределение основных элементов флювиальной системы (дельта, каналов, русел, междорусловых пойм, водоразделов) и их распределение по площади. Целью детального геологического моделирования является прогноз распределения выделенных элементов и их свойств в объеме горизонта. Размеры моделируемых объектов накладывают ограничения на размерность сетки моделирования, поперечное сечение мелких каналов составляет ~50 м.

Принятые размеры ячеек 3D сетки составляют $25 \times 25 \times 0,5$ м, значительная площадь и объем моделируемого горизонта привели к увеличению количества ячеек модели до 132 млн.

Исходя из текущего представления об особенностях осадконакопления терригенных формаций, распределение фаций в разрезе контролируется предыдущими фациями. Врезы речных каналов изменяют рельеф бассейна и, как следствие, нарушают последовательность в циклах осадконакопления вмещающих пород. Для корректной статистической оценки распределения фильтрационно-емкостных свойств (далее – ФЕС) фациальных зон в объеме горизонта области с наличием элементов флювиальной системы (каналы, русла) должны выделяться в отдельные массивы численного моделирования с целью оценки их неоднородности независимо от других зон.

При построении детальной геологической модели распределение параметров проводилось с учетом полигонов площадного распределения русел, полученных на основе результатов анализа сейсмического материала. В результате комплексирования сейсмического анализа и данных по скважинам выделенные элементы речной системы были разделены на 5 групп: крупные каналы, охватывающие большую часть горизонта, мелкие каналы нижней, переходной и верхней частей разреза и междорусловая область (рис. 6). На изучаемой территории мелкие каналы слабо освещены результатами бурения скважин, в связи с этим статистических данных недостаточно для их корректного прогноза на всей моделируемой площади.

При моделировании крупные и мелкие каналы были объединены с целью увеличения выборки и статистики для построения прогнозных свойств. Распределение кол-

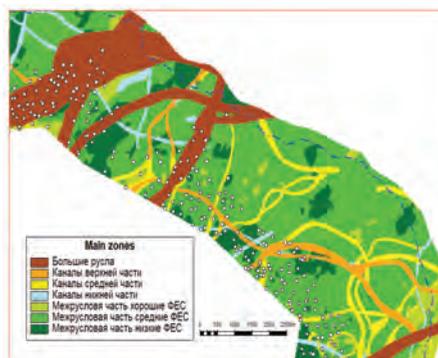


Рисунок 6. Площадное распределение групп флювиальной системы

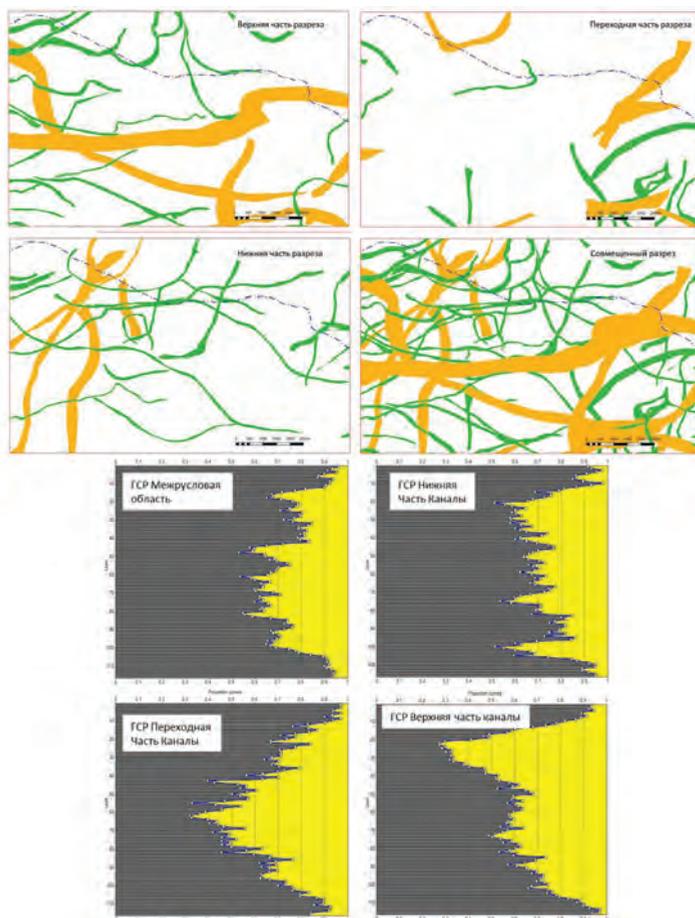


Рисунок 7. Площадное распределение русел и ГСР

лекторов проводилось отдельно для каждой зоны с учетом геолого-статистического разреза (далее – ГСР) (рис. 7). В результате получены кубы распределения коллектора в каналах для различных частей разреза, а также межрусловых областей, вмещающих систему русел. Построенные кубы распределения коллекторов были скомбинированы в единый куб коллектора. Учитывая, что элементы флювиальной системы нижней части разреза накапливались раньше отложений переходной и верхней частей, а отложения межрусловых областей являются вмещающими, объединение кубов коллекторов проводилось последовательно снизу вверх.

Распределение ФЕС проведено в объеме единого куба коллектора с учетом разделения на различные фациальные зоны. Такой подход позволил учесть особенности распределения свойств в каналах и в межрусловых частях. Также были рассчитаны кубы начального насыщения с

целью оценки начальных нефтенасыщенных объемов.

Выводы

По результатам геологического моделирования в рамках данной работы было показано, что краевые зоны исследуемого объекта содержат достаточно большой объем коммерчески извлекаемых запасов (геологические – порядка 100 млн т), для локализации и вовлечения в разработку которых требуются дополнительные, более детальные исследования. Распределение геологических запасов по каналам и межрусловым областям в краевой зоне на текущем этапе изученности составляет: 55,7% в руслах и 44,3% – в межрусловых частях.

На основе комплексного анализа сейсмических данных и результатов бурения скважин детализировано геологическое строение продуктивного горизонта исследуемого месторождения. Выделены ранее не выделяемые элементы речной

системы, в т.ч. небольшие русла и приливо-отливные каналы, имеющие потенциал вовлечения в разработку. Построены карты пространственного размещения каналов и русел в объеме Северного борта месторождения. Подготовлена основа для прогноза перспектив вовлечения в разработку запасов неразбуренных частей продуктивного горизонта, а также заложения эксплуатационных скважин. В связи с неполным охватом бурением области исследования в краевой зоне всегда будет

существовать неопределенность в распределении фаций. В данном исследовании были использованы все имеющиеся на текущий момент данные, что позволило в значительной степени снизить неопределенность положения мелких врезов. В то же время поступление новых данных из бурения в краевой зоне со временем приведет к расширению статистической выборки, что позволит актуализировать геологическую основу и улучшить прогнозные качества модели.

Список использованной литературы

1. Churchill J. M., Lucas P. M., Reid C. T. Sedimentology and reservoir quality of Jurassic cores from well X, oil field, Western Kazakhstan. – Robertson Research International Limited, UK, 2002, Report No. 8506/Id Project No. Id/GK305.
2. Лидер М.В. Седиментология. Процессы и продукты. – Мир, Москва, 1986, 436 с.
3. Белозёров В.Б. Роль седиментационных моделей в электрофациальном анализе терригенных отложений. – ТПУ, Томск, 2001.

КЕН ОРЫНДАҒЫ ӨНІМДІ ДЕҢГЕЙЖИЕКТИҢ СОЛТҮСТІК ЖИЕГІНДЕГІ ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ҚҰРЫЛЫМЫН ЖАҢАРТУ

Д.М. Ялалов, М.В. Ромашов, И.В. Орешко,
И.П. Воронцов, А.Е. Ибраев

Қарастырылып отырған кен орын басында бұрын атқарылған зерттеу жұмыстарының нәтижесінде бастапқы мұнай қорының елеулі көбею әлеуеті анықталды. 2019 жылдың аяғында сынамалы жобаның аясында өнімді деңгейжиектін шеткі аймағында ұңғылар бұрғылануының арқасында кен орынның солтүстік жиегіндегі бұрғыланбаған аймақтың әлеуеті бар екені анықталды. Оны осы уақытқа дейін төмен келешекті қатарына жатқызған.

Авторлардың алдына кен орынның шеткі аймақтарын игеру келешегін бағалауына және кен орын солтүстік ернеуінің толық геологиялық моделін құрастыруына қатысты тапсырмалар қойылды. Толық модель – бұрғылау деректері мен кен орынның бұрғыланбаған бөліктерінде жүргізілген сейсмикалық зерттеулер нәтижелеріне негізделген флювиал жүйе элементтерінің дамуын болжауға бағытталған.

Арна кешендерінің таралу аумақтарын болжау үшін 2019 жылғы сапасы жоғары үшөлшемді сейсмикалық деректер пайдаланылды. Динамикалық талдаудың көмегімен арна кешендердің таралу аумақтарын түсіндірілуі және олардың жіктелуі зерттелуші кен орынның қойнауқат көлемі бойынша жүзеге асырылды. Қойнауқаттың шеткі аумағындағы ұсақ арналарды анықтауға және карта бетіне енгізуге ерекше көңіл бөлінді. Бұл жұмыстар жаңа деректерді ескере отыра ілгерідегі толық геологиялық модельдеуге және игеру әлеуетін бағалауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: Шөгіннің жиналу жағдайлары, спектральді декомпозиция, геологиялық модельдеу, бастапқы геологиялық көлемдер, флювиал жүйесі

REVISING GEOLOGICAL MODEL FOR NORTH FLANK OF MAIN PRODUCTION INTERVAL IN OIL FIELD

D.M. Ialalov, M.V. Romashov, I.V. Oreshko,
I.P. Vorontsov, A.E. Ibraev

Based on the results of the previous works performed at the studied oil field, a significant potential for increasing initial oil reserves was established. Three wells were drilled in the edge zone

of the field at the end of 2019, which confirmed the potential in the undrilled area of the northern flank of the field. Until these wells were drilled, the edge zone was considered unpromising.

The authors have been tasked to assess perspectives of development of edge zones and build a detailed geological model for that area. The detailed model is intended to forecast the evolution of elements of the fluvial system for based on drilling data and results of seismic researches in undrilled parts of field.

In order to forecast the distribution zones of channel complexes, high-resolution 3D seismic data of 2019 were used. Based on the dynamic analysis, interpretation of the distribution zones of channel complexes and their classification within the studied reservoir layer were performed. The main focus was on identifying and mapping of small channels in the boundary zone of the reservoir with the aim of further detailed geological modeling and assessment of the development potential, taking into account new data.

Key words: sedimentation conditions, spectral decomposition, geological modeling, initial geological volumes, fluvial system

Информация об авторах

Ялалов Денис Мубаракянович – консультант по геологии, d.ialalov@niikmg.kz.

Ромашов Максим Викторович – консультант-геофизик, m.romashov@niikmg.kz.

Орешко Иван Владимирович – консультант-петрофизик, i.oreshko@niikmg.kz.

Воронцов Иван Павлович – консультант по геологии, i.vorontsov@niikmg.kz.

DeGolyer and MacNaughton Corp., филиал в Республике Казахстан, г. Нур-Султан

Ибраев Актан Ермекович – ведущий инженер, a.ibrayev@niikmg.kz.

ТОО «КМГ Инжиниринг», г. Нур-Султан, Казахстан

УДК 004.932.2

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ЛИТОЛОГИЧЕСКОМ ОПИСАНИИ КЕРНА

И.Д. Муртазаев, Н.Ж. Конысов, Н.Б. Салиев

В статье на основании исследований изображений кернового материала была обучена сверточная нейронная сеть для распознавания литологии пород. Рассматриваются принципы работы сверточных нейронных сетей и их практическое применение в геологии. Была создана модель нейронных сетей по распознаванию литологии пород и при помощи смартфона применена на практике. В результате было определено, что новые технологии машинного обучения имеют большой потенциал применения в нефтепромысловом деле.

Ключевые слова: нейронная сеть, керн, литология.

Введение

Нейронная сеть (также искусственная нейронная сеть, далее – ИНС) — математическая модель, а также её программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей — сетей нервных клеток живого организма [1]. Впервые термин «нейронная сеть» появился в середине XX века, и особую роль в развитии нейротехнологии сыграли У. Маккалок и У. Питтс [2]. Основное преимущество нейронных сетей – возможность их обучать с помощью «учителя». В послед-

ние десятилетия технологии нейронных сетей, машинного и глубокого обучения бурно развиваются в связи с увеличением вычислительных мощностей, появлением таких технологий, как BigData, и всеобщим интересом из разных отраслей. В современном мире новые технологии применяются в таких областях, как экономика, менеджмент, маркетинг, здравоохранение, промышленность и многих других отраслях. Применение нейронных сетей помогает решить задачи по распознаванию объектов, прогнозированию, оптимизации и