

**Геологическое обоснование повышения эффективности освоения
залежей трудноизвлекаемых запасов нефти в коллекторах тюменской
свиты Сургутского свода (Западная Сибирь)**

С. Р. Бембель^{1*}, Р. В. Авершин², Р. М. Бембель¹, В. И. Кислухин¹

¹Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Россия

²Тюменское отделение «СургутНИПИнефть», г. Тюмень, Россия

*e-mail: bembel_gsr@mail.ru

Аннотация. Приведены результаты исследований особенностей геологического строения нефтеносного пласта ЮС2 в верхней части тюменской свиты на примере месторождений Сургутского свода. Объект ЮС2 представлен низкопроницаемыми коллекторами со сложной фациальной изменчивостью и неравномерным распределением фильтрационно-емкостных свойств по площади и разрезу, характеризующихся тонкослоистым строением. В связи с этим запасы нефти объекта ЮС2 закономерно отнесены к разряду трудноизвлекаемых, требующих проведения дополнительных работ по доизучению его строения и особенностей для эффективного освоения и разработки, планирования мероприятий по выработке запасов нефти. На основании анализа геолого-геофизических материалов: 3D-сейсморазведки, керновых исследований, данных геофизических исследований скважин, опробования и динамики работы скважин на площади месторождений в верхней части горизонта ЮС2 выделены фации русловых каналов, прирусловых отмелей и песков пойменных разливов. На основании анализа детальной корреляции выделены три типа разреза пласта ЮС2/1, отличающихся характером распространения коллектора.

По материалам 3D-сейсморазведки с целью уточнения строения пласта ЮС2 проведен динамический анализ атрибутов сейсмической записи. Значимых коэффициентов взаимной корреляции между динамическими характеристиками и промысловыми параметрами пласта ЮС2/1 не получено. Для эффективного освоения залежей трудноизвлекаемых запасов объектов тюменской свиты со сложным распределением фильтрационных свойств и изменчивостью продуктивных толщин необходима выработка оптимальных методов разведки и уточнения особенностей геологического строения и прогноза распределения ФЕС, рациональных способов и подходов к освоению и разработке этих залежей.

Ключевые слова: месторождения нефти и газа; геологическое строение; тюменская свита; трудноизвлекаемые запасы; фильтрационно-емкостные свойства; фациальный анализ; эксплуатационные скважины

**Geological justification for increasing the efficiency of development
of deposits of hard-to-recover oil reserves in the collectors
of the Tyumen arch of the Surgut (Western Siberia)**

**Sergey R. Bembel^{1*}, Roman V. Avershin², Robert M. Bembel¹,
Vladimir I. Kislukhin¹**

Abstract. The article deals with the results of studies of the geological structure features of the US2 oil-bearing stratum in the upper part of Tyumen suite (a case study of the Surgut arch fields). Object US2 is represented by low-permeability reservoirs with complex facies variability and an uneven distribution of reservoir properties over area and section, characterized by a thin-layered structure. In this regard, the oil reserves of the US2 structure are naturally classified as hard-to-recover, requiring additional work to further study its structure and features for effective development of oil reserves.

The facies of river channels, riverbank shoals and sands of floodplain spills were identified, based on the analysis of geological and geophysical materials: 3D seismic survey, core studies, well testing data, sampling and dynamics of wells operation in the area of the deposits in the upper part of the US2 horizon. Based on the analysis of the detailed correlation, three types of section of the US2/1 formation were identified, differing in the nature of the reservoir spread.

Based on the 3D seismic survey data, in order to clarify the structure of the US2 formation, a dynamic analysis of the attributes of the seismic record was carried out. Significant coefficients of cross-correlation between the dynamic characteristics and production parameters of the US2/1 formation were not obtained. It is necessary to develop optimal methods for exploration and clarification of the features of the geological structure and forecasting the distribution of reservoir properties, rational methods and approaches to the development of hard-to-recover reserves of Tyumen suite objects with a complex distribution of reservoir properties and variability of productive thicknesses.

Key words: oil and gas fields; geological structure; Tyumen suite; hard-to-recover reserves; reservoir properties; facies analysis; production wells

Введение

В настоящее время можно с уверенностью утверждать, что в период разведки, интенсивного прироста запасов и вовлечения в разработку интервала нижнемеловых отложений Западной Сибири исследованию пластов с невысокими коллекторскими свойствами, к которым относятся тюменские отложения, не уделялось достаточного внимания. Одним из следствий такого подхода к геолого-разведочным работам явилось отсутствие исчерпывающих сведений о нефтеносности продуктивных горизонтов тюменской свиты для обоснования эффективного способа разработки этих объектов.

В качестве одного из основных факторов, сыгравших решающую роль при обосновании залежей пластов тюменской свиты как объектов с трудноизвлекаемыми запасами (ТРИЗ) нефти, следует упомянуть о низкой проницаемости составляющих их коллекторов, а также сложности и фациальной изменчивости слагающих отложений [1–4].

Рассмотрим примеры и особенности строения регионально нефтеносного продуктивного горизонта в верхней части разреза тюменской свиты — пласта Ю2, имеющего в пределах территории Сургутского свода индексацию ЮС2. Оценка ресурсов горизонта ЮС2 производилась на протяжении всего периода освоения Среднего Приобья несколькими организациями, ведущая роль среди которых, несомненно, принадлежит ПАО «Сургутнефтегаз» [1, 4–9].

Объект исследования и его геологические особенности

Площадь исследований расположена в центральной части Сургутского свода. В результате анализа выполненных геолого-разведочных работ

установлено [1, 10–12], что породы горизонта ЮС2 формировались в обстановке смены континентальных условий морскими, при относительно плоской поверхности суши и моря в период верхнеюрской трансгрессии возникли сложные фациальные взаимоотношения, обусловленные как особенностями континентального режима (озера, болота, реки, наличие возвышенностей), так и разнообразием прибрежно-морских условий с колебанием береговой линии. На формирование пород горизонта оказали влияние блоковое строение и геодинамика фундамента [12–14], разное в целом гипсометрическое положение участков территории Сургутского свода в процессе осадконакопления, в результате которого образовались отложения бассейнового, руслового и водораздельного типов.

Бассейновый тип разреза (глинистые отложения) распространен на наиболее погруженных частях северной и восточной территорий, охватывающих площади Русскинского, Савуйского, Федоровского, Родникового и Восточно-Сургутского месторождений.

Водораздельный тип разреза складывается песчано-алевритовыми и глинистыми породами с низкими коллекторскими свойствами. Формируется на наиболее возвышенных участках суши, иногда совпадающих в плане со сводами современных поднятий. Зоны распространения русловых отложений характеризуются наибольшей отсортированностью обломочного материала и лучшими коллекторскими свойствами. В зонах предполагаемых русел мощность песчаных пород повышенная, по сравнению с мощностью пород окружающих положительных форм рельефа, и в плане участки увеличенных мощностей имеют вытянутую ветвистую форму.

По опыту проведенных работ на площадях Среднего Приобья известно, что при поисках месторождений нефти и газа на фоне низкой эффективности поисково-разведочного бурения решающую роль играет адекватное представление о геологическом строении месторождений нефти и газа, которое служит базой для создания геологической и фильтрационно-емкостной моделей, являющихся основой успешности всей дальнейшей разработки залежей и месторождений нефти и газа [2, 15–17]. Недостаточный учет особенностей геологического строения и отсутствие достоверных сведений при создании подобных моделей, как правило, приводят к негативным последствиям от низкой успешности поисково-разведочного бурения, многократных пересчетов запасов, несовпадения фактических и проектных показателей разработки, преждевременной обводненности разрабатываемых залежей.

Кроме того, очень часто основную добычу обеспечивают только 10–15 % скважин от эксплуатационного фонда, а изоляция остаточных запасов приводит к образованию трудноизвлекаемых запасов. Реальное геологическое строение залежей эксплуатационного объекта ЮС2 гораздо более сложное, чем представляется на первых этапах проектирования системы разработки залежей. Рассмотрим указанные черты на примере залежи пласта ЮС2 одного из месторождений Сургутского свода.

Геологический разрез в пределах Сургутского свода сложен мощной толщей (более 3 000 м) осадочных терригенных пород, подстилаемых эффузивами триасового возраста. Платформенный чехол сложен осадками юрской, меловой и палеогеновой систем, перекрытых четвертичными отложениями.

В тектоническом отношении согласно тектонической карте фундамента Западно-Сибирской плиты (В. С. Сурков, 1981) участок исследований расположен в зоне развития Аганской грабен-рифтовой системы раннемезозойского заложения, ограничивающей на северо-западе ядра антиклинориев, прорванных интрузиями гранитоидов. Юго-восточная часть площади находится в области развития Юганско-Покурской впадины, осложненной структурами дейтероорогенного этапа развития.

В соответствии с тектонической картой мезозойско-кайнозойского ортоплатформенного чехла Западно-Сибирской геосинеклизы (ред. И. И. Нестеров, 1990) участок расположен в пределах Сургутского свода, на востоке ограниченного Ярсомов-

ским прогибом, а на юге — Юганской мегавпадиной. В пределах участка исследований выделяется ряд локальных поднятий III и IV порядка.

Методы исследований и экспериментальная часть

Площадь исследований частично покрыта работами 3D-сейсморазведки. Однако основную долю информации о строении пласта ЮС2 в разбуренной части в основном несут данные разведочного и эксплуатационного бурения.

С целью уточнения геологического строения пласта ЮС2 был проведен динамический анализ атрибутов сейсмической записи по отражающему горизонту Т (кровля тюменской свиты), в интервалах пласта проанализированы как стандартные атрибуты отраженных волн (амплитуда, частота, фаза), так и их производные. По пласту ЮС2/1 рассчитан набор динамических атрибутов в окне 0–20 мс, которые сопоставлены со значениями эффективных толщин по скважинам. Значимых коэффициентов взаимной корреляции между динамическими характеристиками и промысловыми параметрами пласта ЮС2/1 получено не было. На качественном уровне были прослежены объекты линейного типа, предположительно связанные с русловыми телами, которые согласуются со скважинными данными.

Отсутствие положительных результатов динамического анализа по рассматриваемому объекту связано с неоднородным фациальным составом и сложной геометрией песчаных тел. Ограниченная площадь 3D-данных в границах участка исследований на данном этапе не позволяет уточнить геологическое строение пласта ЮС2/1 по сейсмическим данным.

Следует отметить, что использование материалов 3D-сейсморазведочных работ при изучении, прогнозе и построении детальных геологических моделей залежей нефти и газа, связанных с отложениями речных и дельтовых комплексов, часто приносит положительные результаты, описанные во множестве работ геологов и геофизиков на территории Среднего Приобья [1, 15, 17–19].

Формирование объекта ЮС2/1 происходило в смешанных условиях осадкообразования (встречаются свидетельства как морской, так и континентальной обстановки). Вследствие этого отложения пласта имеют сложный литологический состав, изменчивы, не выдержаны по площади и по разрезу, коллекторы характеризуются низкими фильтрационно-емкостными свойствами (ФЕС). В целом по пласту (вовлеченная часть) коэффициент пористости составляет 0,16, проницаемость — $1,49 \cdot 10^{-3}$ мкм², расчлененность — до 13, коэффициент песчанистости разреза — 0,45.

С использованием материалов результатов интерпретации данных геофизических исследований скважин (ГИС) для прогноза особенностей геологического строения пласта ЮС2 проведен фациальный анализ на основе методики классификации формы кривых ГИС [20]. Методика давно и широко с успехом используется при построении фациальных моделей и создании цифровых трехмерных геологических и фильтрационных моделей разрабатываемых залежей в Среднем Приобье Западной Сибири, включая продуктивные отложения тюменской свиты [6, 17].

На основании анализа формы кривых собственной поляризации (ПС) по площади исследуемой территории на схемах корреляции (рис. 1) отмечены скважины, в разрезе которых вскрыты эффективные толщины пласта ЮС2/1 со значениями выше 8–12 метров и более.

При сопоставлении выделенных групп фаций с результатами керновых исследований (рис. 2) также установлена достоверная связь улучшенных ФЕС с фациями русел и баров. По результатам выполненных работ в верхней части горизонта ЮС2, в пласте ЮС2/1, выделены три типа кривых ПС, которые соответствуют русловым/дельтовым каналам, прирусловым отмелям/барам и пескам пойменных разливов. Схема распространения первого и второго типа фаций, наиболее продуктивных и обладающих лучшими ФЕС, представлена на рисунке 3. Большинство выделенных русловых тел в плане имеют выраженное северо-западное простирание, поперечные размеры — от 200 до 500 метров.

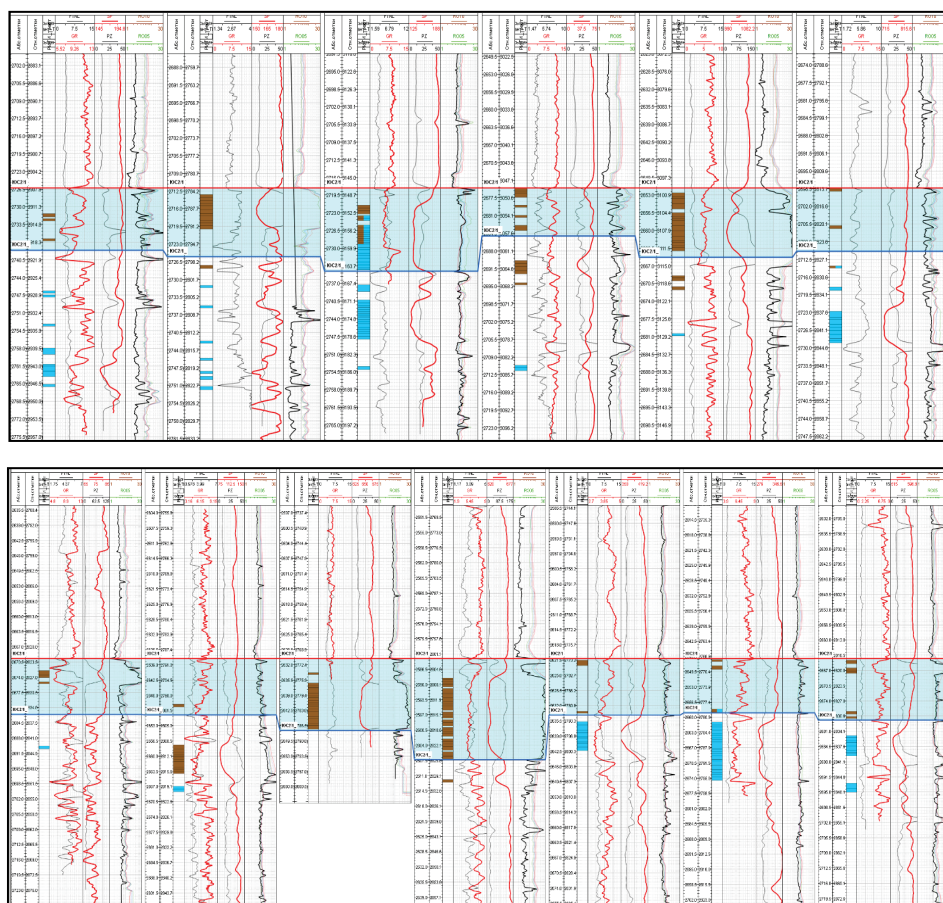


Рис. 1. Схемы корреляции в верхней части тюменской свиты. Выделен пласт ЮС2/1, характеризующийся резкой изменчивостью эффективных толщин по площади. Русловые песчаники характеризуются в основном формой кривой ПС (красная кривая, колонка 2)

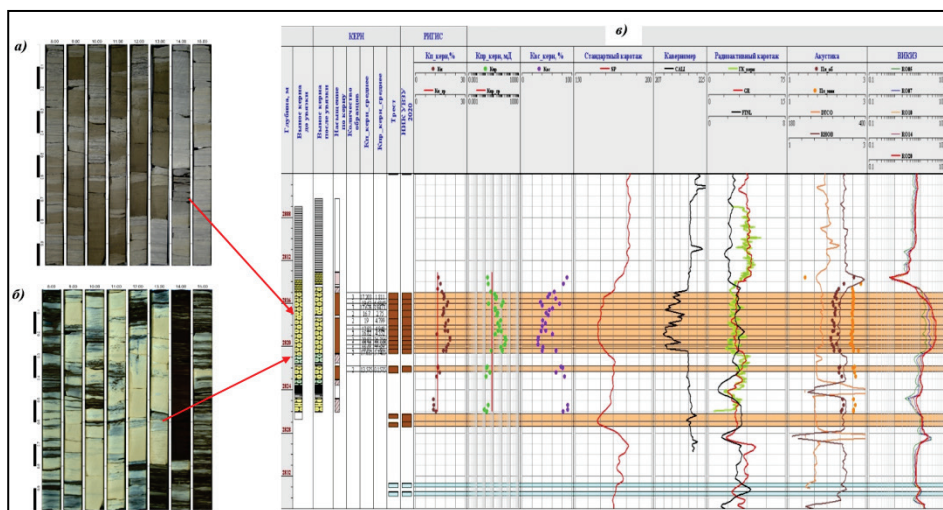


Рис. 2. Пример выделения фации русел пласта ЮС2/1 по одной из скважин: а) фото керна в дневном свете; б) фото керна в ультрафиолетовом свете; в) планшет

Кроме того, участки распространения выявленных русловых фаций полностью соответствуют зонам повышенных значений эффективных толщин пласта ЮС2/1. В качестве иллюстрации на рисунке 4 приведен фрагмент карты эффективных нефтенасыщенных толщин по пласту ЮС2/1.

Разработка залежи пласта ЮС2/1 на площади в качестве своей основы при проектировании опиралась только на материалы бурения и сейсмическую основу по данным 2D-сейсморазведочных работ. В качестве альтернативного подхода к прогнозу показателей разработки была выполнена типизация геологического разреза пласта ЮС2/1 с анализом распространения выделенных типов разреза по площади.

По результатам детальной корреляции материалов ГИС в интервале пласта ЮС2 в разрезе выделены три типа разреза пласта ЮС2/1, отличающихся характером распространения коллектора:

- тип 1 — монолитный песчано-алевритовый пропласток расположен в подошвенной части пласта (распространен на 18 % вовлеченной в разработку площади пласта, доля начальных геологических запасов (НГЗ) — 27 % от вовлеченных запасов объекта);
- тип 2 — монолитный песчано-алевритовый пропласток располагается в кровельной части пласта (распространен на 20 % вовлеченной в разработку площади пласта, доля НГЗ — 26 % от вовлеченных запасов объекта);
- тип 3 — отложения пласта представлены частым и тонким переслаиванием песчано-алевритовых и глинистых пород, выдержанные монолитные пропластки отсутствуют (распространен на 62 % вовлеченной в разработку площади пласта, доля НГЗ — 47 % от вовлеченных запасов объекта).

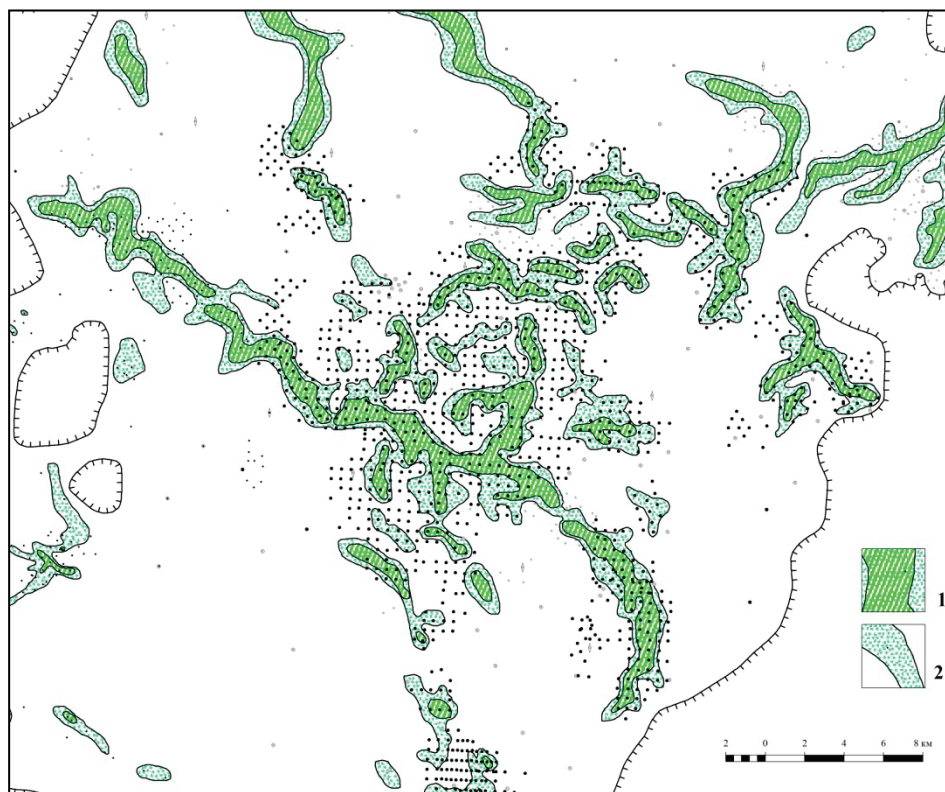


Рис. 3. Схема выделенных участков русловых фаций (1) и прирусловых отмелей/баров (2) в разрезе пласта ЮС2/1

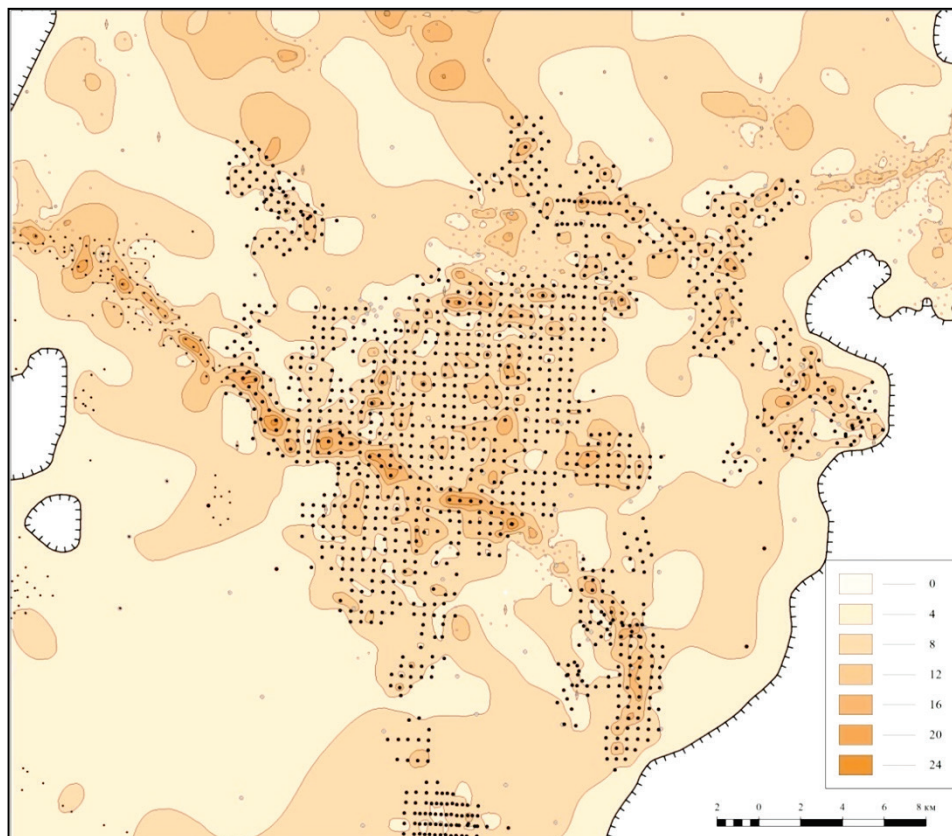


Рис. 4. Фрагмент карты эффективных нефтенасыщенных толщин по пласту ЮС2/1 на одном из участков исследований

Монолитным принят выдержанный пропласток коллектора с толщиной более 2,5 м, имеющий распространение в соседних скважинах.

Наиболее высокими и благоприятными для разработки параметрами пласт ЮС2/1 характеризуется на участках со строением разреза по типу 1 (нефтенасыщенная толщина — 9,8 м, песчаность — 0,61, нефтенасыщенность — 0,75).

На участках со строением разреза по типу 2 пласт характеризуется незначительно сниженными параметрами (нефтенасыщенная толщина — 7,6 м, песчаность — 0,55, нефтенасыщенность — 0,71).

По вовлеченной в разработку площади пласта самым распространенным является тип 3 (62 % вовлеченной площади), который характеризуется наиболее неблагоприятными для разработки параметрами (нефтенасыщенная толщина — 4,9 м, песчаность — 0,39, нефтенасыщенность — 0,66).

На рисунке 5 приведена схема распространения выделенных типов разреза по разбуренной части объекта ЮС2/1 с характерными разрезами по каждому типу.

Несмотря на то, что пласт разделен на типы, он представляет собой единую гидродинамическую систему, так как нет сплошного разделения непроницаемыми прослоями.

При сопоставлении схемы распространения фаций (см. рис. 3) и выделенных типов разреза (см. рис. 5) отмечается хорошая сходимость распространения участков русловых/баровых песчаников и прирусловых отмелей с участками первого и второго типов разреза.

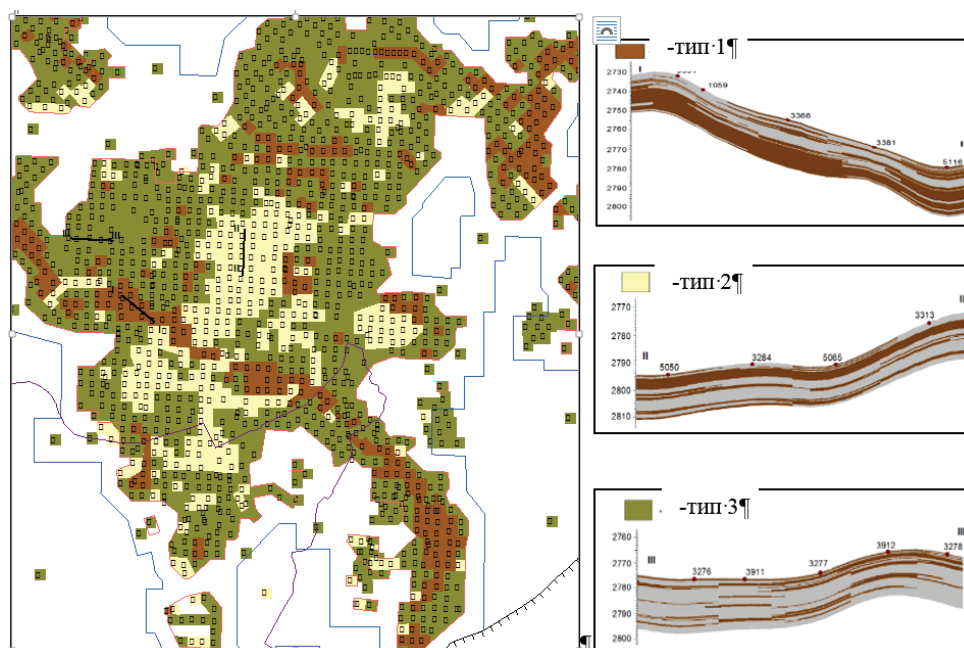


Рис. 5. Распространение выделенных типов разреза пределах разбуренной части пласта ЮС2/1

Эффективность реализуемой системы разработки в процессе доразведки и изучения месторождений

Из обобщенного анализа состояния разработки объектов тюменской свиты определено, что основная проблема эксплуатации — это слабая геологическая изученность на этапе проектирования систем разработки и, как следствие, неудовлетворительный охват проектным фондом скважин реальных (фактических) запасов эксплуатационного объекта тюменских отложений [15, 21–23].

Недостаточная изученность (отсутствие достаточной информации геологического строения) ведет к неверным выводам при разработке проектных документов и внедрению нерациональных систем размещения скважин. На практике, получив уточненные данные геологического строения и распределения ФЕС в пределах отдельных участков залежей и разреза, дальнейшее бурение эксплуатационных скважин либо отменяется (но наземная инфраструктура — трубы, мощности электроэнергии и т. п. — уже построена), либо происходит отсыпка новых кустовых площадок и добавляется дополнительный фонд эксплуатационных скважин.

Основные проблемы при разработке тюменских отложений — это недостаточное дренирование запасов и прорыв закачиваемых вод. Сопоставление фактических показателей разработки тюменских отложений с фациальными особенностями геологического разреза однозначно свидетельствует о взаимосвязи дебитов эксплуатационных скважин, эффективности применяемых геолого-технических мероприятий и распределении ФЕС в объеме геологического разреза [3, 15]. Следует сказать, что особенности распределения ФЕС и строения продуктивных резервуаров тюменской свиты (включая горизонт ЮС2) необходимо исследовать на основе комплексного подхода и анализа геолого-геофизической информации, опирающегося на привлечение материалов 3D-сейсморазведки, динамического анализа волнового поля, палеоструктурных построений, керновых исследований, опробования и динамики работы эксплуатационных скважин, обобщений на основе геологических концепций, опирающихся на единство процессов геологической эволюции Земли и генезиса нефтегазовых месторождений [15, 17, 24].

Проведенный анализ распределения скважин по накопленной добыче ряда нефтегазовых месторождений Среднего Приобья показал, что доля скважин с накопленной добычей нефти более 5–10 тыс. т на 1 скважину составляет, как правило, не более 20 % [15]. Этот показатель для залежей с ТРИЗ объектов тюменской свиты еще ниже. Данный факт подтверждает необходимость детального изучения особенностей строения резервуара продуктивного пласта ЮС2 при проектировании его разработки.

Методика выявления и доразведки сложнопостроенных локальных залежей нефти и газа в первую очередь опирается на материалы 3D-сейсморазведочных работ, постановка которых планируется исходя из индивидуальных особенностей каждого конкретного участка исследований [2, 15]. Необходимо упомянуть о важном аспекте этой методики: в первую очередь исследованиями 3D-сейсморазведки следует охватить разбуренные участки залежи (месторождения), чтобы составить представление о геологическом строении резервуара на основе максимально возможного набора геолого-геофизической информации (ГИС, керн, опробование, динамика добычи). Оработав методы и способы картирования детальных особенностей распределения ФЕС и представления о геологической модели залежи, в дальнейшем выработанную методическую схему следует применить на остальную площадь месторождения.

К сожалению, предложенный способ доразведки и изучения важных факторов строения продуктивных резервуаров на практике редко реализуется. В связи с этим рекомендуется перенести акцент на этапы проектирования и реализации освоения подобных сложнопостроенных продуктивных объектов, доля которых к настоящему времени составляет большую часть разрабатываемых месторождений нефти и газа.

Выводы

Для эффективного освоения залежей ТРИЗ объектов тюменской свиты со сложным распределением ФЕС, изменчивостью продуктивных толщин необходима выработка оптимальных методов как позиции разведки, уточнения особенностей геологического строения и прогноза распределения ФЕС, создания геологических моделей — надежных основ для проектирования разработки, так и рациональных способов и подходов к освоению и разработке этих залежей. В последнем вопросе важнейшим элементом таких подходов является то, что регулярные системы разработки должны быть адаптированы к фактическим геологическим условиям.

На начальных стадиях эксплуатационного разбуривания залежей и месторождений, исходя из недостаточной степени уровня представлений о сложности их геологического строения, гораздо эффективнее с самого начала внедрять избирательную систему размещения скважин, фактически проводя доразведку залежей эксплуатационным бурением.

Библиографический список

1. Бембель, С. Р. Поиск и картирование продуктивных объектов на западном склоне Сургутского свода / С. Р. Бембель, К. А. Костеневич, М. Ю. Федоров. – Текст : непосредственный // Нефтяное хозяйство. – 2012. – № 8. – С. 8–13.
2. Бембель, С. Р. Методика выявления и доразведки малоразмерных и сложнопостроенных залежей углеводородов / С. Р. Бембель. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2010. – № 5. – С. 6–10.
3. Солопахин, С. К. Сопоставление показателей разработки с определенными фациями при моделировании отложений тюменской свиты на примере месторождения Сургутского свода / С. К. Солопахин, С. Р. Бембель. – Текст : непосредственный // Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна (опыт, инновации) : материалы Национальной научно-технической конференции с международным участием / Отв. ред. Я. А. Пронозин. – Тюмень : ТИУ, 2019. – С. 32–34.

4. Влияние литологических особенностей пород на процессы разведки и разработки юрских отложений Широкого Приобья / И. М. Кос, Е. П. Кропотова, Т. А. Коровина [и др.]. – Текст : непосредственный // Нефтяное хозяйство. – 2004. – № 2. – С. 70–73.
5. Особенности геологического строения и перспективы нефтеносности среднеюрских отложений северных районов территории деятельности ОАО «Сургутнефтегаз» в Широтном Приобье / Г. А. Куриленкова, И. Ш. Усманов, Ю. М. Меленюк, И. В. Шакирова. – Текст : непосредственный // Вопросы геологии, бурения и разработки нефтяных и газонефтяных месторождений Сургутского региона : сборник научных трудов «СургутНИПИнефть». – Москва : Нефтяное хозяйство, 2012. – Вып. 12. – С. 3–11.
6. Литвиненко, П. С. Установление морфологической унаследованности аллювиальных отложений тюменской свиты месторождений западного склона Сургутского свода / П. С. Литвиненко, М. Е. Пилюгин, В. И. Ильющенко. – Текст : непосредственный // Нефтяное хозяйство. – 2015. – № 3. – С. 52–54.
7. Тимошенко, П. А. Критерии прогноза зон улучшенных коллекторов среднеюрских отложений Фроловской мегавпадины / П. А. Тимошенко, Ю. Н. Шабаев, И. А. Богуш. – Текст : непосредственный // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2010. – Т. 5, № 3. – С. [1–12].
8. Применение альтернативных подходов к изучению палеогеографии средней юры с целью локального прогнозирования ловушек углеводородов / П. А. Тимошенко, Ю. Н. Шабаев, А. С. Молотков, И. А. Богуш. – Текст : непосредственный // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 2. – С. 25–27.
9. Федоров, М. Ю. Особенности картирования коллекторов пласта ЮС₂ по результатам динамического анализа / М. Ю. Федоров. – Текст : непосредственный // Материалы Уральской горнопромышленной декады 4–14 апреля 2005 г. – Екатеринбург, 2005. – С. 61–62.
10. Бронскова, Е. И. Комплексный анализ геологического строения Апрельского месторождения для эффективности доразведки и разработки залежей в тюменской свите / Е. И. Бронскова. – Текст : непосредственный // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2016. – № 8. – С. 36–44.
11. Геология и нефтегазоносность Ханты-Мансийского округа : атлас / Сост. ГП ХМАО «Научно-аналитический центр рационального недропользования им. В. И. Шпилемана». – Екатеринбург : ИздатНаукаСервис, 2004. – 146 с. – Изображение (картографическое ; недвижимое ; двухмерное) : непосредственное.
12. Попов, И. П. Генезис и фациальный анализ среднеюрских отложений Западно-Сургутского месторождения / И. П. Попов, В. И. Ильющенко. – Текст : непосредственный // Нефтяное хозяйство. – 2012. – № 8. – С. 6–7.
13. Перспективы выделения продуктивных участков в юрских отложениях на площадях Фроловской Фроловской нефтегазоносной области / С. Р. Бембель, Р. М. Бембель, Р. В. Авершин, В. А. Корнев. – DOI 10.31660/0445-0108-2018-4-7-14. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2018. – № 4. – С. 7–14.
14. Бембель, С. Р. Разведка локальных залежей углеводородов на основе их взаимосвязи с геодинамикой среды в Среднем Приобье / С. Р. Бембель. – Текст : непосредственный // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 12. – С. 90–94.
15. Бембель, С. Р. Геология и картирование особенностей строения месторождений нефти и газа Западной Сибири: монография / С. Р. Бембель ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Тюменский индустриальный университет. – Тюмень : ТИУ, 2016. – 214 с. – Текст : непосредственный.
16. Бембель, С. Р. Геоморфологические особенности строения залежей углеводородов и продуктивность скважин / С. Р. Бембель. – Текст : непосредственный // Естественные и технические науки. – 2010. – № 3 (47). – С. 206–212.
17. Комплексный подход к изучению геологического строения и особенности моделирования континентальных отложений тюменской свиты / П. Д. Савченко, Е. М. Викторова, А. А. МIRONENKO [и др.]. – Текст : непосредственный // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть». – 2015. – № 4 (41). – С. 17–21.
18. Бембель, С. Р. Особенности геологического строения горизонта Ю2 Западной Сибири на основе анализа сейсмических данных / С. Р. Бембель. – Текст : непосредственный // Norwegian Journal of development of the International Science. – 2019. – № 11–1 (36). – С. 10–13.
19. Левянт, В. Б. Методические рекомендации по использованию данных сейсморазведки для подсчета запасов углеводородов в условиях карбонатных пород с пористостью трещинно-кавернового типа / В. Б. Левянт, Е. А. Козлов, И. Ю. Хромова ; Федеральное агентство по недропользованию, ОАО «Центральная геофизическая экспедиция». – Москва : Центральная геофизическая экспедиция, 2010. – 249 с. – Текст : непосредственный.

20. Муромцев, В. С. Электрометрическая геология песчаных тел — литологических ловушек нефти и газа / В. С. Муромцев. — Ленинград : Недра, 1984. — 260 с. — Текст : непосредственный.
21. Опыт сопровождения горизонтальных скважин на фациально-изменяемые низкопроницаемые коллекторы тюменской свиты Красноленинского месторождения / Д. В. Емельянов, А. В. Жарков, А. С. Глебов, И. А. Лихоход. — Текст : непосредственный // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть». — 2016. — № 4. — С. 48–51.
22. Геологические особенности и оценка добычного потенциала отложений тюменской свиты / А. А. Севастьянов, К. В. Коровин, О. П. Зотова, Д. И. Зубарев. — Текст : непосредственный // Вестник Пермского университета. Геология. — 2017. — Т. 16, № 1. — С. 61–67.
23. Сенцов, А. Ю. Оптимизация нового бурения в условиях неопределенности геологической основы / А. Ю. Сенцов, Н. С. Полякова, С. И. Грачев. — Текст : электронный // Деловой журнал «Neftegaz.RU». — 2020. — № 2 (98). — С. 40–44. — URL: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/burenie/526875-optimizatsiya-novogo-bureniya-v-usloviyakh-neopredelennosti-geologicheskoy-osnovy/>. — Дата публикации: 26 февраля 2020.
24. Дегазация Земли и генезис нефтегазовых месторождений (к 100-летию со дня рождения академика П. Н. Кропоткина) : [сборник докладов] / Российская академия наук, Отделение наук о Земле, Институт проблем нефти и газа ; отв. ред. А. Н. Дмитриевский, Б. М. Валяев. — Москва : ГЕОС, 2012. — 514 с. — Текст : непосредственный.

References

1. Bembel, S. R., Kostenevich, K. A., & Fedorov, M. Yu. (2012). Search and mapping of producing formations on the western slope of the Surgut arch. *Oil Industry*, (8), pp. 8-13. (In Russian).
2. Bembel, S. R. (2010). Methods of detection and supplementary exploration of small-size and complicated structure hydrocarbon deposits. *Higher Educational Institutions News. Neft' i Gas*, (5), pp. 6-10. (In Russian).
3. Solopakhin, S. K., & Bembel, S. R. (2019). Sopostavlenie pokazateley razrabotki s opredelennymi fatsiyami pri modelirovanii otlozheniy tyumenskoy svity na primere mestorozhdeniya Surgutskogo svoda. *Geologiya i neftegazonosnost' Zapadno-Sibirskogo megabasseyne (opyt, innovatsii): materialy Natsional'noy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem*. Tyumen, Industrial University of Tyumen Publ., pp. 32-34. (In Russian).
4. Kos, I. M., Kropotova, E. P., Korovina, T. A., Romanov, E. A., & Fedortsov, I. V. (2004). Influence of lithology rock properties on the exploration and development processes in the wide Ob' area. *Oil Industry*, (2), pp. 70-73. (In Russian).
5. Kurilenkova, G. A., Usmanov, I. Sh., Melenyuk, Yu. M., & Shakirova, I. V. (2012). Osobennosti geologicheskogo stroeniya i perspektivy neftenosnosti sredneyurskikh otlozheniy severnykh rayonov territorii deyatelnosti ОАО "Surgutneftegaz" v Shirotnom Priob'e. *Voprosy geologii, bureniya i razrabotki neftnykh i gazoneftnykh mestorozhdeniy Surgutskogo regiona: sbornik nauchnykh trudov "SurgutNIPIneft"*, (12). Moscow, Oil Industry Publ., pp. 3-11. (In Russian).
6. Litvinenko, P. S., Pilyugin, M. E., & Ilyushchenko, V. I. (2015). The determination of morphological heredity of alluvial deposits of Tyumen suite at oil fields on western slope of Surgut arch. *Oil Industry*, (3), pp. 52-54. (In Russian).
7. Timoshenko, P. A., Shabaev, Yu. N., & Bogush, I. A. (2010). Criteria of enhanced reservoirs zones forecast of the Middle Jurassic deposits, Frolovskaya megadepression. *Petroleum Geology - Theoretical and Applied Studies*, 5(3), pp. 1-12. (In Russian).
8. Timoshenko, P. A., Shabaev, Yu. N., Molotkov, A. S., & Bogush, I. A. (2013). Application of alternative approaches to the study of the Middle Jurassic paleogeography for the purpose of local prediction of the hydrocarbon traps. *Oil Industry*, (2), pp. 25-27. (In Russian).
9. Fedorov, M. Yu. (2005). Osobennosti kartirovaniya kollektorov plasta US₂ po rezul'tatam dinamicheskogo analiza. *Materialy Ural'skoy gornopromyshlennoy dekady 4-14 aprelya 2005*. Ekaterinburg, pp. 61-62. (In Russian).
10. Bronskova, E. I. (2016). Comprehensive analysis of April field geological structure to provide effective additional exploration and development of Tyumen suite deposits. *Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields*, (8), pp. 36-44. (In Russian).
11. *Geologiya i neftegazonosnost' Khanty-Mansiyskogo okruga: atlas* (2004). Ekaterinburg, IzdatNaukaServis Publ., 146 p. (In Russian).

12. Popov, I. P., & Ilyuschenko, V. I. (2012). Genesis and facies analysis of Middle Jurassic deposits of the West-Surgut field. *Oil Industry*, (8), pp. 6-7. (In Russian).
13. Bembel, S. R., Bembel, R. M., Avershin, R. V., & Kornev, V. A. (2018). Prospects for the allocation of productive sites in Jurassic sediments in the areas of the Frolovskaya oil and gas bearing region. *Oil and Gas Studies*, (4), pp. 7-14. (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2018-4-7-14
14. Bembel, S. R. (2013). Exploration of local hydrocarbons deposits based on their relationship to the geodynamics in the Middle Ob. *Oil Industry*, (12), pp. 90-94. (In Russian).
15. Bembel, S. R. (2016). *Geologiya i kartirovanie osobennostey stroeniya mestorozhdeniy nefti i gaza Zapadnoy Sibiri*. Tyumen, Industrial University of Tyumen Publ., 214 p. (In Russian).
16. Bembel, S. R. (2010). Geomorfologicheskie osobennosti stroeniya zalezhey uglevodorodov i produktivnost' skvazhin. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*, (3(47)), pp. 206-212. (In Russian).
17. Savchenko, P. D., Viktorova, E. M., Mironenko, A. A., Davydov, A. V., & Suleymanov, D. D. (2015). Complex methods of geological data analysis and features of fluvial deposits modelling of J2 formation. *Nauchno-tekhnicheskiy vestnik OAO "NK "Rosneft"*, (4(41)), pp. 17-21. (In Russian).
18. Bembel, S. R. (2019). Features of the geological structure of the horizon U2 of Western Siberia based on seismic data analysis. *Norwegian Journal of development of the International Science*, (11-1(36)), pp. 10-13. (In Russian).
19. Levyant, V. B., Kozlov, E. A., & Khromova, I. Yu. (2010). Metodicheskie rekomendatsii po ispol'zovaniyu dannykh seysmorazvedki dlya podscheta zapasov uglevodorodov v usloviyakh karbonatnykh porod s poristost'yu treshchinno-kavernovogo tipa. Moscow, Tsentral'naya geofizicheskaya ekspeditsiya Publ., 249 p. (In Russian).
20. Muromtsev, V. S. (1984). *Elektrometricheskaya geologiya peschanykh tel-litologicheskikh lozushchek nefti i gaza*. Leningrad, Nedra Publ., 260 p. (In Russian).
21. Emelyanov, D. V., Zharkov, A. V., Glebov, A. S., & Likhoded, I. A. (2016). Maintenance of horizontal wells drilling in facies-unstable low-permeable reservoirs of Tyumen suite of Krasnoleninskoye field. *Nauchno-tekhnicheskiy vestnik OAO "NK "Rosneft"*, (4), pp. 48-51. (In Russian).
22. Sevastyanov, A. A., Korovin, K. V., Zotova, O. P., & Zubarev, D. I. (2017). Geological characteristics and assessment of the potential production of the Tyumen suite deposits. *Bulletin of Perm University. Geology*, 16(1), pp. 61-67. (In Russian).
23. Sentsov, A. Yu., Polyakova, N. S., & Grachev, S. I. (2020). Optimizatsiya novogo bureniya v usloviyakh neopredelennosti geolo-gicheskoy osnovy. *Business magazine "Neftegaz.RU"*, (2(98)), pp. 40-44. (In Russian). Available at: <https://magazine.neftegaz.ru/articles/burenie/526875-optimizatsiya-novogo-bureniya-v-usloviyakh-neopredelennosti-geologicheskoy-osnovy/>
24. Dmitrievskiy, A. N., & Valyaev, B. M. (Eds.). (2012). *Degazatsiya Zemli i genezis neftegazovykh mestorozhdeniy (k 100-letiyu so dnya rozhdeniya akademika P. N. Kropotkina)*. Moscow, GEOS Publ., 514 p. (In Russian).

Сведения об авторах

Бембель Сергей Робертович, д. г.-м. н., профессор кафедры геологии месторождений нефти и газа, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, e-mail: bembel_gsr@mail.ru

Авершин Роман Витальевич, заместитель директора по нефтеотдаче, Тюменское отделение «СургутНИПИнефть», г. Тюмень

Бембель Роберт Михайлович, д. г.-м. н., профессор кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Кислухин Владимир Иванович, д. г.-м. н., профессор кафедры геологии месторождений нефти и газа, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень

Information about the authors

Sergey R. Bembel, Doctor of Geology and Mineralogy, Professor at the Department of Geology of Oil and Gas Fields, Industrial University of Tyumen, e-mail: bembel_gsr@mail.ru

Roman V. Avershin, Deputy Director for Oil Recovery, Tyumen Branch of SurgutNIPIneft, Tyumen

Robert M. Bembel, Doctor of Geology and Mineralogy, Professor at the Development and Exploitation of Oil and Gas Fields, Industrial University of Tyumen

Vladimir I. Kislukhin, Doctor of Geology and Mineralogy, Professor at the Department of Geology of Oil and Gas Fields, Industrial University of Tyumen