



УДК [551.86:551.762.3](571.122)

## СЕДИМЕНТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ВЕРХНЕЮРСКИХ ПРОДУКТИВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЯРСОМОВСКОГО УЧАСТКА

О. П. Гончаренко<sup>1</sup>, С. Н. Джони<sup>2</sup>, С. В. Астаркин<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Саратовский государственный университет

<sup>2</sup> Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть»,  
Тюмень

E-mail: sv.astarkin@rambler.ru

Проведено комплексное седиментологическое исследование нефтеносного пласта ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup> в пределах юго-восточной части Ярсомовского участка. Установлено, что верхнеюрские отложения в пределах территории изучения представлены прибрежно-континентальными и прибрежно-морскими фациями. На основе выполненных палеогеографических реконструкций, детальных структурных построениях по кровле пласта ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup>, анализа результатов испытания скважин, распределения петрофизических свойств в отдельных субобстановках построена карта прогноза эффективных коллекторов пласта ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup> на изученной территории. **Ключевые слова:** обстановки осадконакопления, коллекторы, нефтегазоносность, пласт ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup>, Западная Сибирь.

### Sedimentation Model of the Upper Jurassic Productive Beds from the Southeast of the Yarsomovskij Site

O. P. Goncharenko, S. N. Dzhoni, S. V. Astarkin

Complex sedimentologic examination of the JV<sub>1</sub><sup>1</sup>oil-bearing bed has been made within the southeastern part of the Yarsomovskij site. The Upper Jurassic beds within the study area were found to be represented by coastal-continent and coastal-marine facies. Paleogeographic reconstructions, detailed structural imaging from the top of the JV<sub>1</sub><sup>1</sup> layer, analyses of the well-test results and of the petrophysical properties distributions in selected sub-environments were used to construct a forecast map of effective reservoirs in the JV<sub>1</sub><sup>1</sup> layer within the study area.

**Key words:** depositional environment, reservoirs, petroleum potential, JV<sub>1</sub><sup>1</sup> layer, West Siberia.

Вследствие значительной выработки запасов крупных месторождений нефти и газа Западной Сибири возникает потребность в изучении территорий, ранее считавшихся малоперспективными. Одной из таких территорий является юго-восточная часть Ярсомовского участка, где установлена промышленная нефтеносность пласта ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup> в пределах Свободного месторождения (рис. 1). Свободное месторождение, эксплуатируемое с 2011 г., расположено в зоне сочленения Сургутского и Нижневартовского нефтегазоносных районов Среднеобской нефтегазоносной области Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции [1, 2]. Пласт ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup> выделяется в составе верхне-васюганской подсвиты и характеризуется повышенными значениями кажущего сопротивления по материалам ГИС.



В Среднем Приобье пласт ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup> является регионально нефтеносным и считается наиболее перспективным объектом юрского комплекса для выявления новых залежей углеводородов. Однако пласт характеризуется сложным строением, и традиционный структурный подход к размещению поисково-оценочных и разведочных скважин не обеспечивает высокой эффективности геолого-разведочных работ, поскольку распространение ловушек в значительной степени контролируется литолого-фациальными, а не структурными факторами. В такой ситуации наиболее достоверный прогноз распространения песчаных тел-коллекторов осуществляется с помощью детального седиментологического анализа на основе комплекса имеющейся геологической информации.

Вопросами состава, строения и условий формирования основных продуктивных горизонтов верхней юры в Среднем Приобье, а также особенностями размещения в них залежей углеводородов занимались С. П. Бульникова, Е. А. Гайдебурова, А. В. Гольберт, А. Э. Конторович, В. А. Конторович, К. Г. Скачек, В. С. Муромцев, Г. П. Мясникова, И. И. Нестеров, А. П. Соколовский, Б. Н. Шурыгин и др. [3–12]. Единой точки зрения на фациальный состав верхнеюрских отложений до настоящего времени не сформировалось. Дискуссионность условий образования васюганских отложений определяет актуальность проводимых седиментологических исследований пласта ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup> в пределах Свободного месторождения, которые дают важную информацию об обстановках его накопления, позволяют определить закономерности распространения песчаных тел, дать прогноз качества коллекторов и в конечном итоге выбрать эффективную методику поисково-разведочных работ в пределах объекта изучения.

С целью выявления особенностей формирования пород-коллекторов пласта ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup> Свободного месторождения (юго-восточная часть Ярсомовского участка) были проведены фациальные исследования. В задачи исследований входило детальное изучение всего имеющегося кондиционного ядерного материала и определение его фациальной принадлежности. Район исследований был расширен за счет скважин Восточно-Грибного, Дружного, Яркого, Северо-Васьганского месторождений. В тектоническом плане изученные скважины приурочены к зоне сочленения Когалымской вершины Сургутского

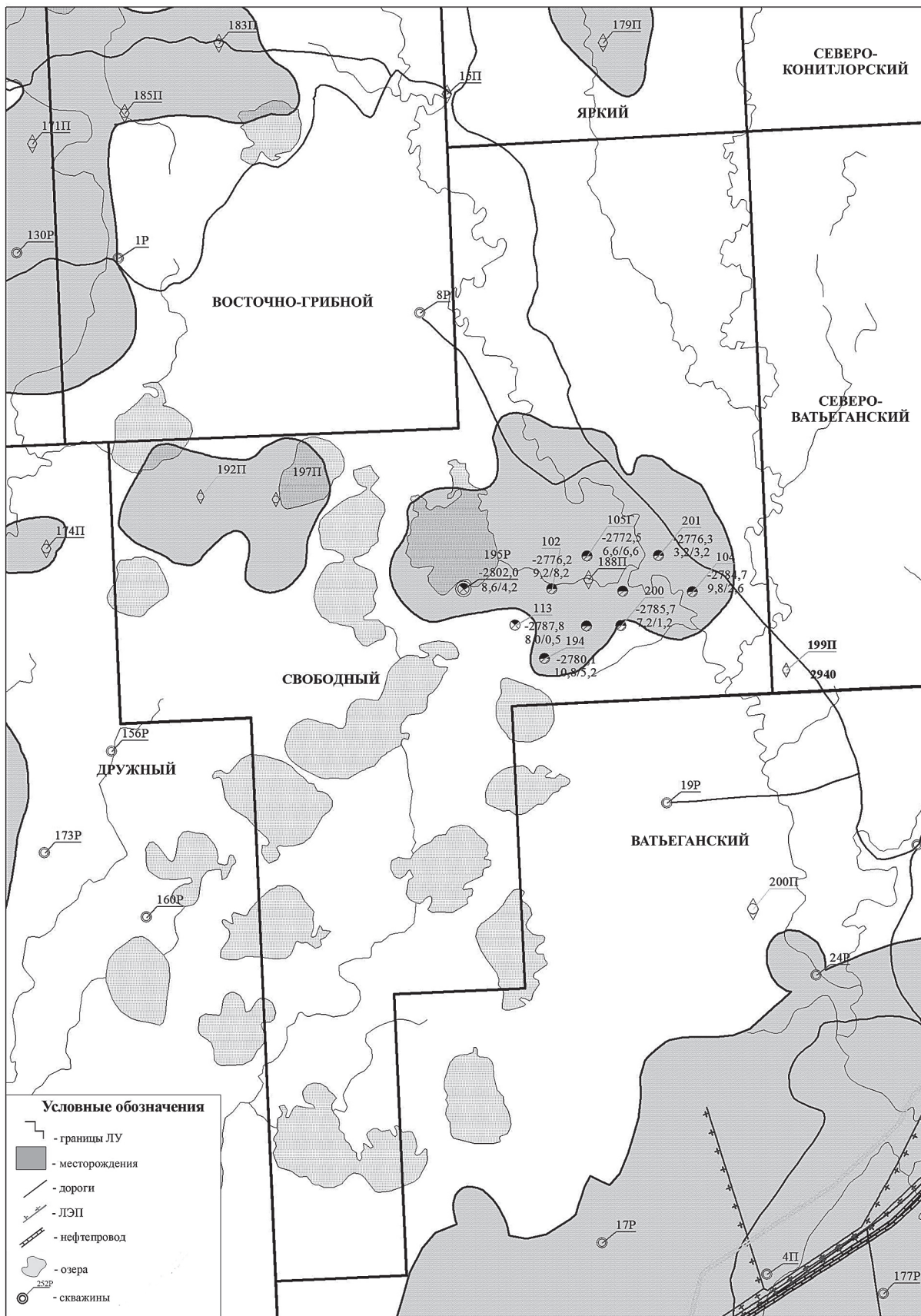


Рис. 1. Обзорная схема территории исследования



свода и Западно-Котухтинской моноклинали Северо-Вартовской мегатеррасы [13]. Для определения обстановок формирования отложений использовался литолого-фациальный анализ, основы которого изложены в многочисленных обобщающих отечественных и зарубежных изданиях [14–19].

Реконструкция обстановок формирования пласта ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup> проводилась на основе выделения в разрезах литофаций и литофациальных последовательностей с последующей их интерпретацией. Под литофацией мы понимаем тип осадка или породы, образовавшихся в определенной обстановке в определенный момент времени. Литофациальные ассоциации включают в себя группу парагенетически связанных литофаций и отвечают осадочным обстановкам или их частям, в пределах которых устойчивое существование условий седиментации приводило к накоплению характерной последовательности отложений.

Кроме разностороннего изучения керна, включая петрофизику, в проведенных исследованиях широко использовались материалы ГИС, что позволило существенно увеличить представительность выборки при фациальном анализе пласта ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup>. В процессе определения обстановок седиментации по геофизическим данным в качестве эталонных принимались скважины, в которых были проведены отбор и изучение кернового материала. Из всех возможных вариантов реконструируемых обстановок, имеющих сходную характеристику по ГИС, выбирался тот, который был подтвержден литолого-фациальными исследованиями. Это позволило уточнить и детализировать методику фациального анализа по данным ГИС применительно к рассматриваемому объекту. Для бедных фаунистическими остатками отложений актуальным оказалось использование ихнофациального анализа, который позволил дополнить и детализировать выводы об условиях формирования пласта ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup> [20].

В результате проведенных исследований установлено, что на Свободном месторождении верхнеюрские отложения представлены комплексом прибрежно-континентальных и прибрежно-морских фаций барьерного побережья, сформировавшихся под воздействием волновой и приливно-отливной деятельности. Указанные фации и слагают на месторождении продуктивный пласт ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup> (рис. 2).

Прибрежно-континентальный комплекс характеризует нижнюю часть пласта ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup> и представлен обстановкой лагунного побережья. Для субобстановок лагун характерно формирование тонкого ритмичного переслаивания аргиллитов, глинистых алевролитов и мелкозернистых песчаников. При этом в центральных частях лагун обычно преобладают глинистые породы, а в прибрежных частях – алевроитопесчаные. В пределах Свободного месторождения развита субобстановка прибрежной части лагуны, преобладает субгоризонтальная, волнистая, линзовидно-волнистая,

перекрестная пологокосая и косоволнистая слоистость. Осадки местами биотурбированы вертикальными и горизонтальными следами жизнедеятельности ихнофоссилий ихнофаций *Skolithos* и *Cruziana*, что указывает на низкие уровни среды седиментации. Породы часто обогащены органическим материалом, в разной степени углистые, присутствуют мелкие интракласты глинистых пород. Иногда отмечаются признаки, характерные для пляжевых отложений. Проницаемость 0,01–0,02 ( $\times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>). Пористость насыщения не определена. Палеогидродинамическая активность среды седиментации соответствует низшему, пятому, уровню ( $\alpha$ ПС = 0,0–0,2). Мощность лагунных отложений в изученных разрезах варьирует от 2,5 до 8–11 м.

Общее трансгрессивное развитие поздне-неовасоганского седиментационного бассейна определило смену лагунных отложений вверх по разрезу отложениями берегового барьерного бара, который отделяет лагуну от мелководного моря. Разрез барьерного бара представлен песчаниками мелкозернистыми, участками до среднезернистыми, и алевролитами крупно-, мелкозернистыми и обычно отделяется от нижележащих отложений эрозионной поверхностью. Преобладает пологоволнистая, пологонаклонная срезанная и мелкая косая параллельная слоистость, иногда присутствуют линзовидные серии с эрозионными контактами, отмечается мелкая косоволнистая мультислойная слоистость, местами развита массивная текстура. В основании и верхней части цикла появляются алевро-глинистые прослои (вплоть до уровней переслаивания алевролитов и аргиллитов), обуславливающие пологоволнистую и линзовидно-волнистую слоистость. Текстуры нарушены внутриформационными размывами и редкими конседиментационными смятиями. Развита биотурбационная текстура и представлены норками зарывающихся организмов *Skolithos*. В глинистых прослоях встречаются горизонтальные следы жизнедеятельности организмов *Planolites*. В виде тонкокристаллических выделений и разноразмерных конкреций постоянно присутствует пирит. Проницаемость по керну составляет 250–540, участками до 806 ( $\times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>). Пористость насыщения преимущественно 18–22%. Палеогидродинамический режим среды седиментации соответствует второму уровню гидродинамической активности ( $\alpha$ ПС = 0,8–0,9). Мощность отложений берегового барьерного бара составляет 4–10 м.

В верхней части пласта ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup> установлено развитие прибрежно-морских отложений, формирование которых происходило преимущественно в обстановке предфронтальной зоны пляжа. В предфронтальной зоне пляжа накопление осадков происходило под постоянным воздействием волновых процессов, в результате чего сформировались отложения подводных валов, представленные переслаиванием слоев песчаного, алевроитового и глинистого состава с горизонтальной, волнистой

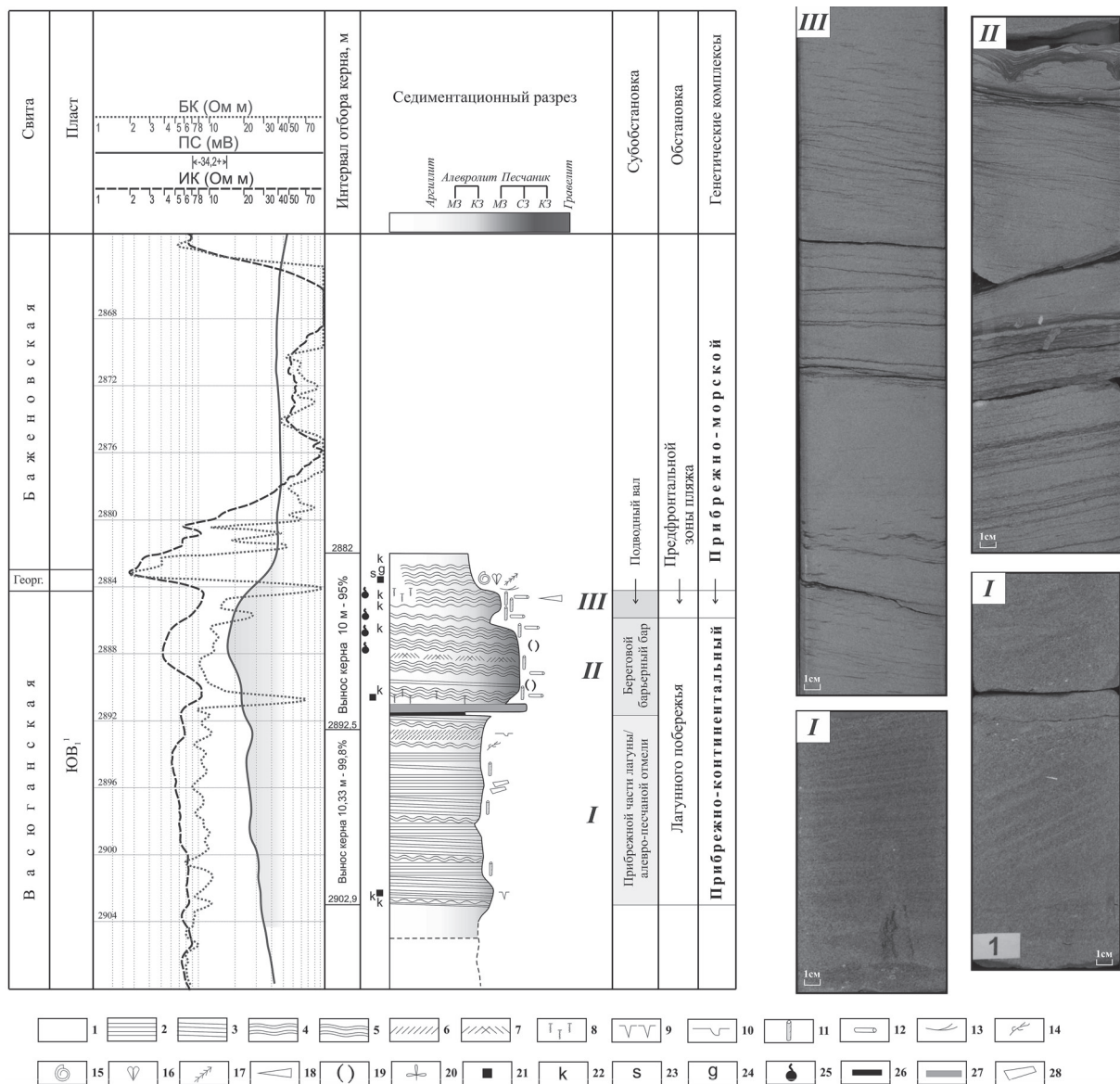


Рис. 2. Вертикальная седиментационная модель пласта ЮВ<sub>11</sub>, вскрытого на Свободном месторождении: 1 – массивная текстура, 2 – горизонтальная слоистость, 3 – субгоризонтальная слоистость, 4 – волнистая слоистость, 5 – наклонно-волнистая слоистость, 6 – косая слоистость, 7 – косая разнонаправленная слоистость, 8 – биотурбация, 9 – трещины, 10 – следы внедрения, 11 – *Skolithos*, 12 – *Planolites*, 13 – *Chondrites*, 14 – углефицированные органические остатки, 15 – аммониты, 16 – двустворки, 17 – костные остатки рыб, 18 – белемниты, 19 – раковинчатый детрит, 20 – остатки флоры, 21 – пирит, 22 – кальцит, 23 – сидерит, 24 – глауконит, 25 – нефтенасыщенность, 26 – угли, 27 – карбонатные породы, 28 – алевро-глинистые интракласты

и линзовидно-волнистой слоистостью, довольно часто с градационной рассортировкой материала, отражающей спокойные и штормовые условия седиментации. В алевритовых линзах отмечается пологокосая и мелкая косая слоистость. Текстуры нередко нарушены мелкими размывами, слабыми конседиментационными смятиями и внедрениями. Значительно проявлена биотурбация: среди горизонтальных и вертикальных следов жизнедеятельности преобладают ихнофоссилии *Planolites* и *Chondrites* (ихнофагия *Cruziana*). Могут присутствовать раковины морских двустворок. Породы

содержат большое количество стяжений пирита разного размера, наряду с которыми может проявляться послойная сидеритизация. Для данного типа отложений характерны отрицательные аномалии на кривых ГК с постепенными нижними и верхними переходами, отражающие перемещение алевро-песчаного материала. Нередко отложения подводного вала достраивают тела береговых барьерных баров, что, по-видимому, связано с затоплением последних при наступлении моря (георгиевская трансгрессия) и последующей переработкой осадка бассейновыми процессами.



Проницаемость 50–600, реже до 990 ( $\times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>). Пористость насыщения – 14–25%. Палеогидродинамический режим среды седиментации соответствует второму уровню гидродинамической активности ( $\alpha_{ПС} = 0,6-0,7$ ). Мощность отложений предфронтальной зоны пляжа составляет 1–5 м.

Анализ строения, состава и обстановок формирования пласта ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup> на территории Свободного месторождения позволил решить ряд конкретных практических задач, одной из которых является прогноз зон распространения эффективных коллекторов. После вынесения на седиментационные разрезы данных по фильтрационно-емкостным свойствам пород анализировалась их зависимость от обстановок формирования отложений. Для характеристики петрофизических свойств пород в каждой субобстановке были определены средние значения и разброс значений пористости и проницаемости пород, а также вероятность обнаружения эффективного коллектора. По сложившейся в Западной Сибирской нефтегазоносной провинции практике в качестве эффективного коллектора принимались породы с пористостью более 13% и проницаемостью более  $1 \cdot 10^{-15}$  м<sup>2</sup>. Установлено, что улучшенными коллекторскими свойствами, а также наибольшей вероятностью обнаружения эффективных коллекторов характеризуются отложения субобстановок подводного вала (прибрежно-морской комплекс) и берегового барьерного вала (прибрежно-континентальный комплекс). Петрографический анализ шлифов показал, что отложения этих обстановок характеризуются наиболее грубозернистым составом обломочного материала и содержат наименьшее количество цемента. Состав цемента

обычно сложный: глинистая составляющая, участками диспергированная органическим веществом, представлена пленочно-поровым преимущественного каолининовым материалом. Карбонатная составляющая представлена пелитоморфным поровым, иногда пленочным кальцитом. Увеличение содержания цемента чаще всего происходит за счет карбонатной составляющей – появления порового и порово-базального кальцита. Интенсивная карбонатизация существенно ухудшает коллекторские свойства. Состав обломочной части пород различных субобстановок изменяется незначительно: содержание кварца 40–45%, полевых шпатов 20–30%, обломков пород 30–35%. Полученные нами и имеющиеся опубликованные результаты по корреляционному анализу петрографического состава и гранулометрии песчано-алевритовых пород, являющихся коллекторами преимущественно гранулярного типа. Данные их пористости и проницаемости показывают, что к параметрам, определяющим формирование улучшенных коллекторов, относятся: содержание среднеспаммитовой фракции, медиана, коэффициент сортировки, содержание (доля) каркасных компонентов в обломочной части пород, количество и состав цемента [21, 22]. Эти данные в совокупности с выполненными палеогеографическими реконструкциями позволяют дать прогноз пространственного распространения эффективных коллекторов.

Проведенные исследования показали, что на изучаемой территории горизонт ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup> имеет полифациальную природу и представлен отложениями переходного и морского генезиса (рис. 3). Формирование горизонта происходило на фоне

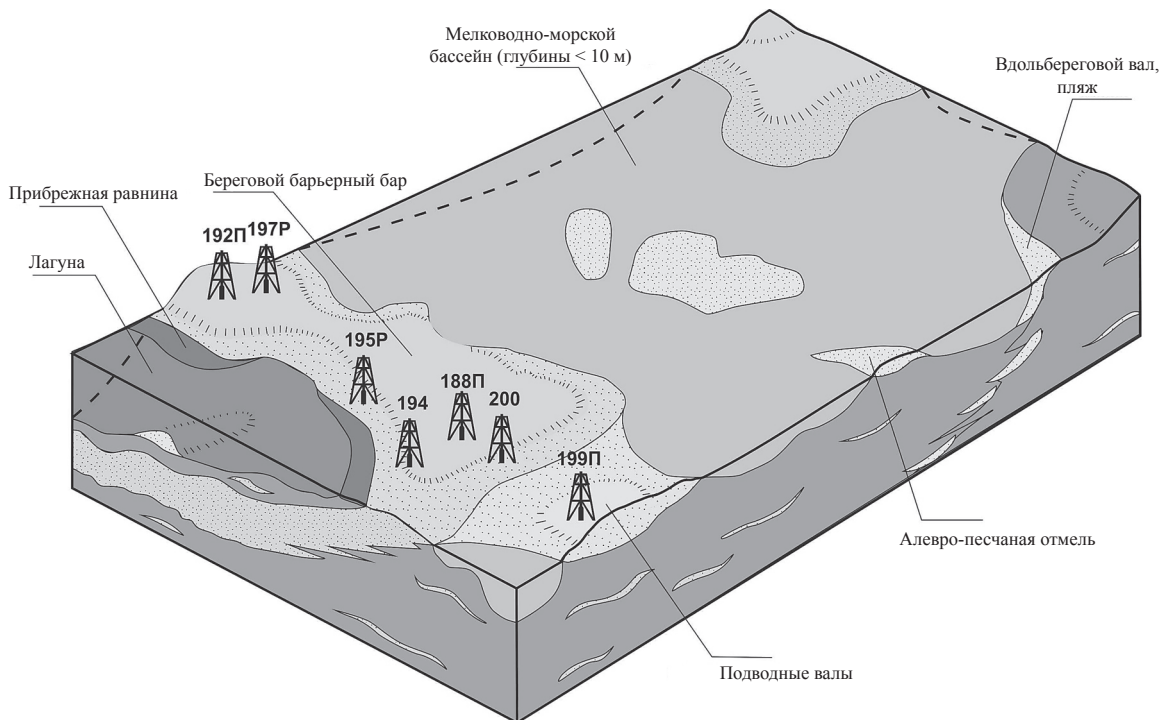


Рис. 3. Фациальная модель обстановки барьерного побережья в пределах Свободного месторождения

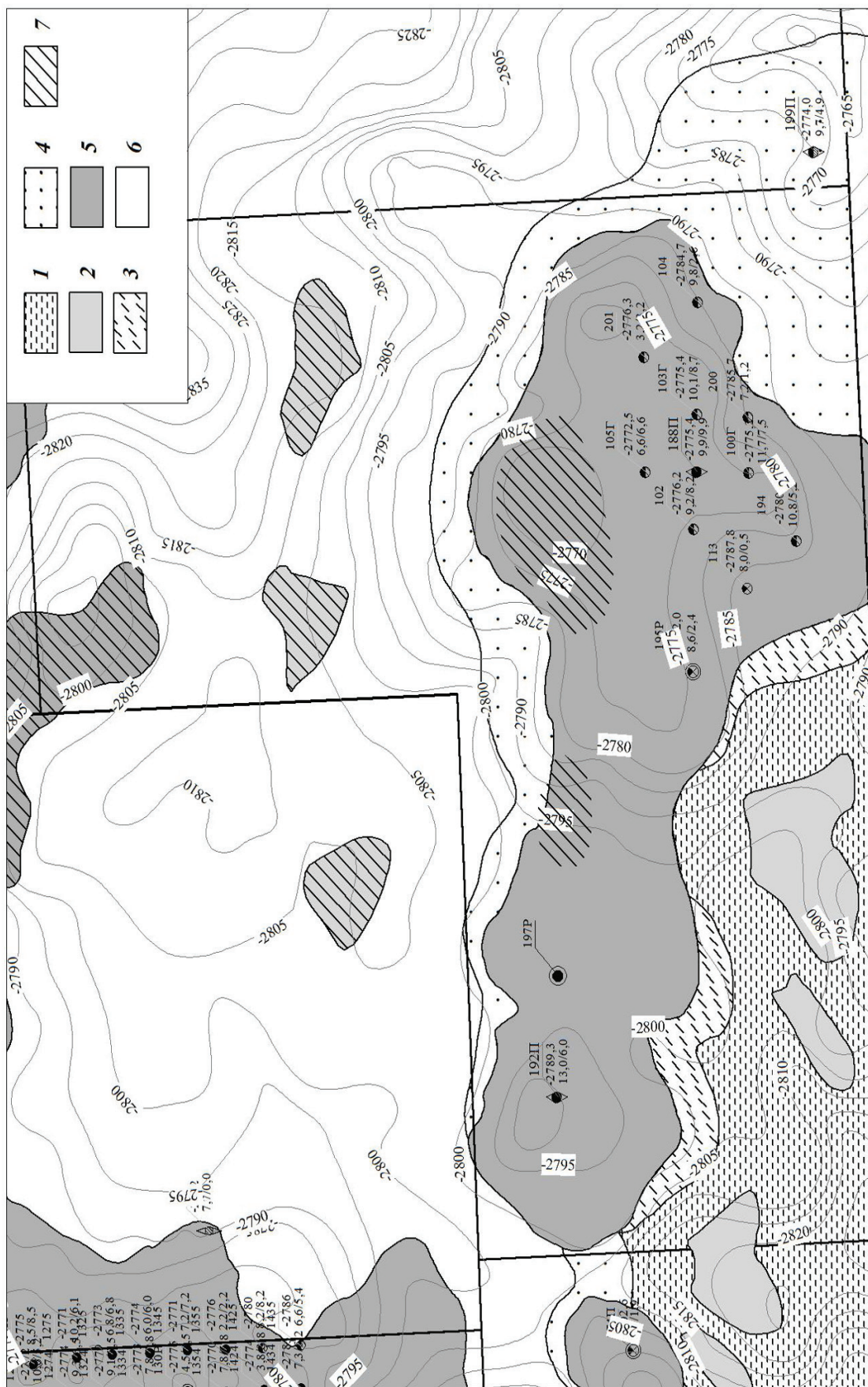


Рис. 4. Схема прогноза эффективных коллекторов нефтеносного пласта ЮВ<sub>1</sub> Свободного месторождения (на основе структурно карты по кровле пласта ЮВ<sub>1</sub>): группы генетически связанных литофаций: 1 – лагуны, 2 – алеврито-песчаная отмель, 3 – прибрежная часть лагуны, 4 – подводные валы, 5 – береговые барьерные бары, 6 – мелководно-морской комплекс (глубины морского бассейна 10–20 м); 7 – перспективные участки для дальнейших геолого-разведочных работ



общей трансгрессии, носившей неравномерный ингрессионный характер и осложнявшейся особенностями палеорельефа и влиянием местных источников, что отразилось в вертикальном и латеральном взаимоотношении выделенных литофациальных последовательностей. Для выделенных генетических комплексов характерны свои строго определённые закономерности пространственного распространения песчаных тел-коллекторов. Песчаные тела в прибрежно-морских и прибрежно-континентальных комплексах образуют пластовые тела, распространение которых в плане контролировалось палеорельефом, а также количеством обломочного материала и направлениями его поступления с суши.

На основе выполненных палеогеографических реконструкций, анализа фильтрационно-емкостных свойств разнофациальных пород-коллекторов горизонта ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup> и результатов испытания скважин была построена фациальная схема (рис. 4), отражающая латеральную дифференциацию территории исследования с различной вероятностью обнаружения эффективного коллектора, которая в совокупности с детальными структурными построениями по кровле и подошве горизонта ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup>, выполненными с использованием имеющихся материалов сейсморазведочных работ 2D и 3D, свидетельствует об обнаружении залежей УВ в неструктурных и структурных ловушках. Кроме того, выполненные построения позволяют дать характеристику неоднородности коллектора. Разработанная литолого-фациальная модель пласта ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup> в комплексе с геолого-геофизической изученностью позволит выявить закономерности развития и зоны различного качества коллекторов для уточнения геологического строения залежей и прогноза размещения поисково-разведочного и эксплуатационного бурения.

#### Библиографический список

1. Клецев К. А., Шейн В. С. Нефтяные и газовые месторождения России : справочник : в 2 кн. Книга первая – азиатская часть России. М., 2010. 720 с.
2. Колотухин А. Т., Астаркин С. В., Логинова М. П. Нефтегазоносные провинции России и сопредельных стран. Саратов, 2013. 364 с.
3. Палеобиофации нефтегазоносных волжских и неомских отложений Западно-Сибирской плиты / С. П. Булыникова, А. В. Гольберт, И. Г. Климова [и др.]. М., 1978. 87 с.
4. Гайдебурова Е. А. Зоны фациального замещения пород васюганской свиты в связи с блоковой структурой докембрийского фундамента Нюрольской впадины. Методика поисков залежей нефти и газа неантиклинального типа в мезозойских отложениях Западно-Сибирской плиты. Новосибирск, 1977. 150 с.
5. Гольберт А. В., Маркова Л. Г., Полякова И. Д. Палеоландшафты Западной Сибири в юре, мелу и палеогене. М., 1968. 152 с.
6. Геология нефти и газа Западной Сибири / А. Э. Конторович, И. И. Нестеров, Ф. К. Салманов [и др.]. М., 1975. 680 с.
7. Сейсмогеологические адаптивные методы прогноза качества коллекторов и подготовки сложнопостроенных ловушек нефти и газа в верхней юре центральных и южных районов Западной Сибири (горизонт Ю<sub>1</sub> васюганской свиты) / В. А. Конторович, С. А. Бердникова, Л. М. Калинина [и др.] // Геология и геофизика. 2004. Т. 45, № 1. С. 79–90.
8. Кропачев Н. М., Скачек К. Г. Реконструкции литолого-фациальных моделей горизонта Ю<sub>1</sub> васюганской свиты по данным сейсморазведки и бурения. Новосибирск, 2008. 187 с.
9. Муромцев В. С. Электрометрическая геология песчаных тел – литологических ловушек нефти и газа. Л., 1984. 260 с.
10. Мясникова Г. П. Особенности геологического строения структурно-литологических залежей в пласте Ю<sub>1</sub> васюганской свиты // Тр. / ЗапСибНИГНИ. 1979. Вып. 144. С. 50–58.
11. Соколовский А. П. О структурно-фациальных условиях формирования залежей нефти в мезозойских отложениях // Тр. / ЗапСибНИГНИ. 1972. Вып. 61. С. 40–48.
12. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Юрская система // Б. Н. Шурьгин, Б. Л. Никитенко, В. П. Девятков [и др.]. Новосибирск, 2000. 480 с.
13. Шпильман В. И. Пояснительная записка к тектонической карте центральной части Западно-Сибирской плиты. Тюмень, 1999. 200 с.
14. Алексеев В. П. Атлас юрских терригенных отложений (угленосные толщи Евразии). Екатеринбург, 2007. 209 с.
15. Ботвинкина Л. М. Методическое руководство по изучению слоистости // Труды Геологического ин-та АН СССР. М., 1965. Вып. 119. 260 с.
16. Обстановки осадконакопления и фации : в 2 т. Т. 1 / пер. с англ. ; под ред. Х. Рединга. М., 1990. 352 с.
17. Рейнек Г.-Э., Сингх И. Б. Обстановки терригенного осадконакопления. М., 1981. 439 с.
18. Einsele G. Sedimentary basins: evolution, facies and sediment budget. Berlin, 1992. 628 p.
19. Encyclopedia of sediments and sedimentary rocks / ed. V. Gerard. Middleton. Boston, 2003. 821 p.
20. Вакуленко Л. Г., Ян П. А. Юрские ихнофации Западно-Сибирской плиты и их значение для реконструкций обстановок осадконакопления // Новости палеонтологии и стратиграфии. Т. 42, вып. 4. 2001. С. 83–93.
21. Bloch S., Lander R. H., Bonnell L. Anomalously high porosity and permeability in deeply buried sandstone reservoirs: origin and predictability // MPG Bulletin. 2002. Vol. 86, № 2. P. 301–328.
22. Taylor A. W., Ritts B. D. Mesoscale heterogeneity of fluvial-lacustrine reservoir analogues: examples from the Eocene Green River and Colton formations, Uinta basin, Utah, USA // J. Petrol. Geol. 2004. Vol. 27 (1). P. 3–26.