

УДК 553.98

DOI: 10.31660/0445-0108-2023-3-55-67

Моделирование русловых отложений пермского возраста в зоне сочленения Ижма-Печорской синеклизы и Верхнепечорской впадины

И. М. Хворост

Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИнефть», Пермь, Россия
Irina.Hvorost@pnn.lukoil.com

Аннотация. В Ижма-Печорской синеклизе открыт ряд месторождений, приуроченных к песчаным отложениям руслового генезиса. Однако сложный характер их распространения, большое количество разрывных нарушений в пермском терригенном интервале разреза затрудняют поиски литологических ловушек на основе сейсмических данных. В работе предпринята попытка смоделировать континентальные обстановки осадконакопления, существовавшие в зоне сочленения Ижма-Печорской синеклизы и Верхнепечорской впадины в уфимском, казанском и татарском веках пермского периода с целью восстановления истории развития территории и прослеживания распространения песчаных отложений аллювиального и озерно-аллювиального генезиса. В специальном программном комплексе Dionisos Flow создана трехмерная модель развития территории, смоделированы процессы седиментации целевого интервала, построены прогнозные карты распространения песчаников, алевролитов и глин. В западной части моделируемой площади подтверждено существование слабоизвилистых русел северо-восточного направления и их небольших ответвлений. В юго-восточной части территории во временном интервале, соответствующем уфимскому веку, прослеживаются дельтовые отложения. Предлагается использовать метод прогнозирования распространения русловых отложений на основе седиментационного моделирования на территориях, не изученных съемкой 3D, с целью локализации областей развития коллекторов и планирования сейсморазведочных работ на данных территориях.

Ключевые слова: Ижма-Печорская синеклиза, Верхнепечорская впадина, пермские терригенные отложения, седиментационное моделирование

Для цитирования: Хворост, И. М. Моделирование русловых отложений пермского возраста в зоне сочленения Ижма-Печорской синеклизы и Верхнепечорской впадины / И. М. Хворост. – DOI 10.31660/0445-0108-2023-3-55-67 // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2023. – № 3. – С. 55–67.

Modeling of Permian stream-bed deposits in the Izhma-Pechora syncline and the Upper Pechora depression conjunction zone

Irina M. Khvorost

PermNIPIneft Branch of LUKOIL-Engineering LLC, Perm, Russia
Irina.Hvorost@pnn.lukoil.com

Abstract. In the Izhma-Pechora syncline, several fields have been discovered that are limited to sand deposits of stream-bed genesis. However, it is difficult to find lithological traps us-

ing seismic data due to the complex nature of the distribution of sandy deposits and many discontinuous faults in the Permian terrigenous section. The article attempts to model the continental depositional environment that existed in the Izhma-Pechora syncline and the Upper Pechora depression conjunction zone during the Ufimsky, Kazansky and Tatar ages of the Permian period. It aims to reconstruct the history of the development of the area and to trace the distribution of alluvial and lacustrine-alluvial sand deposits. DionisosFlow's unique industrial package helps to create a 3-dimensional model of the development of the area, to simulate the process of sedimentation of the target area, and to construct predictive maps of sandstone, siltstone and clay spread. The western part of the modeled area demonstrates the existence of slightly wandering north-easterly directed beds and their small offshoots. The south-eastern part of the area, dated to the Ufimsky age, shows deltaic deposits. The method of predicting the distribution of channel deposits based on sedimentological modeling is supposed to be used for territories uninvestigated by 3D survey. The aim is to locate the source of the reservoir and plan the seismic survey.

Keywords: Izhma-Pechora syncline, Upper Pechora depression, Permian terrigenous deposits, sedimentation modeling

For citation: Khvorost, I. M. (2023). Modeling of Permian stream-bed deposits in the Izhma-Pechora syncline and the Upper Pechora depression conjunction zone. Oil and Gas Studies, (3), pp. 55-67. (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2023-3-55-67

Введение

В советские годы в Ижма-Печорской нефтегазоносной области был открыт ряд месторождений (Лемъюское, Сунаельское, Исаковское, Безымянное, Мичаюское, Северо-Мичаюское, Среднекосьюское и др.), приуроченных к песчаным отложениям руслового генезиса. Большой вклад в изучение распространения песчаных пластов внесли Н. И. Никонов и А. А. Алабушин. Никоновым Н. И. на основе детальной корреляции верхнепермских песчаников по скважинам ряда площадей Велью-Тэбукской и Лемъю-Израильской ступеней Ижма-Печорской синеклизы установлено, что отдельные пласты песчаников распространены в виде меандрирующих полос [1]. Данное предположение подтверждают конфигурации сейсмических аномалий типа «врез», выделенных сейсморазведочными работами.

Несмотря на достаточно большой объем проведенных на территории геологоразведочных работ, распространение русловых и предполагаемых дельтовых фаций пока до конца не изучено, что связано со сложным характером распространения песчаных тел и большим количеством разрывных нарушений в пермском терригенном интервале разреза. Данный факт затрудняет поиски литологических ловушек на основе сейсмических данных, поэтому в данной работе предпринята попытка седиментационного моделирования в программном комплексе Dionisos Flow с целью восстановления истории развития территории и прослеживания распространения песчаных отложений аллювиального и озерно-аллювиального генезиса для последующего выделения перспективных объектов на поиски скоплений залежей углеводородов на исследуемой территории. Задачей данной работы является прослеживание распространения русловых и предполагаемых дельтовых отложений в пределах Верхнепечорской впадины, где почти отсутствует скважинная информация с учетом изученности

характера распространения русловых тел на территории восточной части Ижма-Печорской синеклизы.

Объект и методы исследования

Известный геолог Ч. Э. Б. Конибир обратил внимание на то, что «в наши дни ЭВМ может обрабатывать большой объем разнообразной информации, строить карты и профили и другие геологические документы, являющиеся важным и нужным вспомогательным материалом, но они не могут заменить геолога в его интерпретационной работе. Более того, большой объем информации без четких идей его использования при поисках нефти и газа может даже завести в тупик» [2].

Соглашаясь со словами этого выдающегося ученого, предпринята попытка, насколько позволили геологический опыт и наличие геологической информации, до построения седиментационной модели проанализировать имеющиеся данные и разработать определенную концепцию, которая помогла в выборе направления работы. Неоценимую помощь оказали труды таких выдающихся геологов, как В. А. Жемчугова, Р. Ч. Селли, О. Серра, В. С. Муромцев, Х. Реддинг, В. Г. Кузнецов, И. В. Попов, результаты работ которых помогли при создании модели [3–9].

Для начала были проанализированы региональные работы, выполненные на исследуемой территории ООО «Тимано-Печорский научно-исследовательский центр» [10], и доступные материалы сейсморазведочных работ. Согласно общепринятой схеме тектонического районирования Тимано-Печорской провинции, площадь располагается в зоне сочленения двух крупных тектонических элементов: Ижма-Печорской синеклизы, входящей в состав Тиманского мегаблока Тимано-Печорской эпибайкальской плиты, и Верхнепечорской впадины Предуральского передового прогиба Урало-Новоземельской складчатой системы.

Сейсморазведочными работами, проводившимися в области исследования специалистами ООО «ГЕОНИС» в 2009 году Н. С. Борисовым, Л. К. Тарасовой, К. А. Кривцовым и автором статьи, в зоне сочленения Ижма-Печорской синеклизы и Верхнепечорской впадины выделена переходная зона, получившая название «зона промежуточных дислокаций». В данную зону включены Мичаю-Пашнинский вал и Ронаельская ступень Ижма-Печорской синеклизы, а также восточная дислоцированная часть Верхнепечорской впадины.

Следует отметить, что влияние Илыч-Чикшинской зоны разломов в области промежуточных дислокаций прослеживается не только по поверхности фундамента, но и на протяжении всего геологического развития изучаемой территории. Не являются исключением и исследуемые в данной работе пермские терригенные отложения.

На начало формирования осадочного чехла вся территория «промежуточных дислокаций» унаследовала от предшествующего тектонического периода высокую тектоническую активность. На всем протяжении геоло-

гического развития территории происходила последовательная смена инверсионных нисходящих и восходящих движений, которые совместно с трансгрессивно-регрессивными циклами оказали большое влияние на процессы осадконакопления.

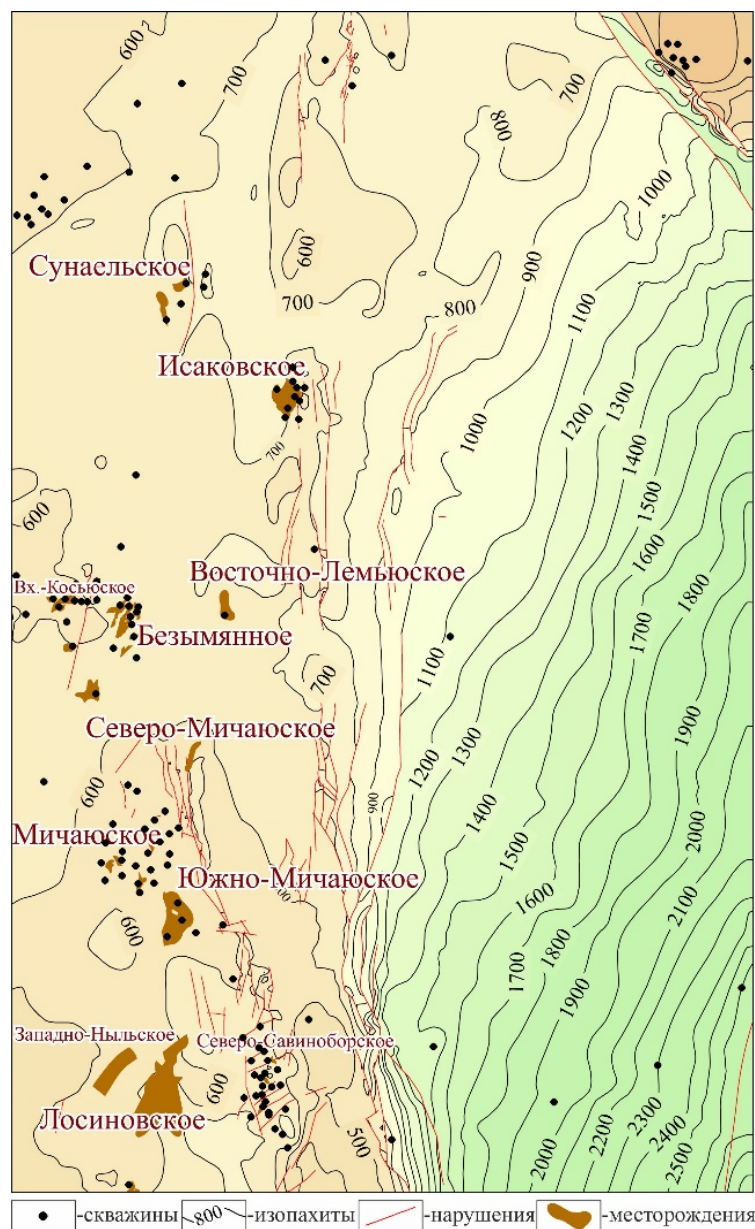


Рис. 1. Мощность пермских терригенных отложений

В начале уфимского века раннепермской эпохи на смену геосинклинальному этапу развития осадочного чехла пришел орогенный этап, связанный с формированием терригенных озерно-болотных, аллювиальных и при-

брежно-морских терригенных образований. В пределах исследуемой территории наименьшими толщинами комплекса характеризуется юго-западная часть, в восточном направлении происходит постепенное увеличение мощности до 2 500 м (скв. 1-Еджибельская). Наибольший градиент приращения мощности отмечается на границе перехода в Верхнепечорскую впадину в районе Шорьельского блока (рис. 1).

Предполагается, что инверсионные движения в области Мичаю-Пашнинского вала оказали влияние на особенность распределения осадков пермского терригенного комплекса. Во время очередного подъема территории Верхнепечорской впадины оказывалась ниже Мичаю-Пашнинского вала, и весь грубозернистый материал оставался за пределами территории инверсии. Данное предположение постарались учесть при седиментационном моделировании.

При создании структурного каркаса площади исследования использовались региональные карты ООО «Тимано-Печорский научно-исследовательский центр» [10] и структурные карты, построенные сейсморазведочными партиями, работавшими на исследуемой территории в различные годы. Выполнены оцифровка и увязка структурных карт по целевым горизонтам моделируемого интервала.

Следующим этапом стало изучение каротажных кривых и керновых данных по пробуренным скважинам. Отмечено, что в скважинах в верхнепермском интервале разреза прослеживаются достаточно уверенно коррелируемые границы, соответствующие общепризнанным в Тимано-Печорской провинции реперам К-0, К-I и К-II. Они также хорошо фиксируются и прослеживаются на временных разрезах. Формирование преимущественно глинистых пластов-реперов К-I и К-II происходило в условиях высокого стояния и недостатка песчаного материала.

Глинисто-карбонатный пласт-репер К-II, согласно исследованиям А. А. Алабушина, представляет собой кору выветривания уфимского яруса нижнего отдела пермской системы. Литологически пласт представлен переслаиванием глин и алевролитов с карбонатными стяжениями и тонкими прослоями песчаников.

Уфимский интервал разреза характеризуется чередованием аргиллитов, алевролитов и песчаников. Песчаники имеют аллювиальный генезис и мощность 5–10 м.

Вышезалегающие отложения казанского яруса стратиграфически подразделяются на верхний и нижний подъярусы. Кровля нижнеказанского подъяруса проводится по подошве репера К-I, сложенного красновато-коричневыми глинами, сильно известковистыми до мергелей, в разной степени алевроитистых с микроконкрециями и стяжениями мергелей и известняков. В Ижма-Печорской впадине в верхнепермском интервале основной продуктивной толщей являются нижнеказанские отложения, имеющие четкое микроритмичное строение, представленное переслаиванием аргиллитов, алевролитов коричневатых и серых и песчаников.

Песчаники граувакковые от мелко- до крупнозернистых с гравием, в различной степени глинистые, пористые.

На кривых КС реперы КI и КII характеризуются как локальные максимумы и достаточно хорошо прослеживаются по скважинам, расположенным в пределах Ижма-Печорской синеклизы, в отличие от скважин, пробуренных в западной части Верхнепечорской впадины, где они не так выражены.

Верхнеказанский подъярус также сложен песчано-алевритовыми отложениями, в верхней части прослеживается репер К-0, представленный переслаиванием зеленовато-серых известковистых аргиллитов. На каротажных кривых он прослеживается не так уверенно, как реперы К-I и К-II.

В связи с тем, что в пермском терригенном интервале открытые месторождения сосредоточены в уфимских и нижеказанских песчаниках, а верхняя граница структурных построений на исследуемой территории связана с подошвой триасовых отложений, для построения седиментационной модели выбран интервал от кровли кунгурских до подошвы триасовых отложений. Выполнены уточнение стратиграфических разбивок по скважинам, участвующих в последующем построении модели, и корректировка структурных поверхностей в программе Isoline.

Чтобы создать седиментационную модель в программном комплексе Dionisos Flow, необходимо построить карты палеобатиметрии. Для достижения этой цели использовались региональные литолого-фациальные карты ООО «Тимано-Печорский научно-исследовательский центр» и построенные в программном комплексе Isoline карты толщин между целевыми горизонтами. На основе карт изменения толщин между построенными поверхностями отмечено, что на всех исследуемых этапах западная и северная части были приподняты относительно юго-восточной моделируемой площади. Однако прослеживались погруженные участки, которые могли служить каналами для фаций русел.

Так как карты мощности построены от условной горизонтальной плоскости, то они отражают только относительное превышение формы рельефа целевого горизонта и характеризуют степень его расчлененности [11]. Поэтому следующим этапом выполнена реконструкция палеовысот с учетом регионального наклона территории и литолого-фациальных карт.

При построении карт палеобатиметрии также учитывались фациальные особенности территории. На исследуемой территории в уфимское и казанское время были развиты палеореки меандрирующего типа. Е. Ю. Барбошкиным отмечено, что данный тип «характерен для равнинных областей и пенепленов с влажным климатом и развитым растительным покровом, где сезонные расходы воды относительно постоянны, а аккумуляция низка из-за малых градиентов уклона и замедляющего эффекта растительности как в отношении почв, так и боковой эрозии в руслах» [12].

В Ижма-Печорской впадине в верхнепермском интервале можно выделить следующие фации: русловые, пойменные и отмерших русел.

Пойменные отложения представлены песчано-алевритово-глинистой толщей, характеризующейся тонкой слоистостью пород, присутствием знаков ряби и трещин высыхания.

Русловые фации сложены полимиктовыми песчаниками, мелко- и среднезернистыми, тонкослоистыми, наклон слоистости под углом 10°. Слоистость связана со сменой гранулометрического состава. Вниз по разрезу зернистость песчаников увеличивается. В нижней части отмечаются конгломераты, состоящие из галек черного, молочно-белого кварца и других черных пород, сцементированных грубозернистым песчаным материалом. Контакт с подстилающими глинами резкий под углом 40°.

Фации отмерших русел сложены мелкозернистыми отложениями. Они «близки осадкам поймы, но отличаются от них геометрией и непосредственным залеганием (с резким контактом) на русловых конгломератах без промежуточных слоев отмелевых песков, а также обычным присутствием остатков корневых систем или воронкообразных следов их присутствия, развитием торфяников и углей» [12].

В восточной части исследуемой территории предполагается развитие дельтовых отложений.

Построенные карты палеобатиметрии в дальнейшем использовались для построения седиментационной модели.

Для лучшего понимания алгоритма работы программы Dionisos Flow изучены опубликованные материалы Французского института нефти [13, 14] и Реннского университета [15].

В программном комплексе Dionisos Flow каждой структурной поверхности и картам палеобатиметрии были присвоены временные интервалы в соответствии с геохронологической шкалой. На основе кривой Хака, характеризующей глобальное изменение уровня моря, построена эвстатическая кривая для исследуемой территории [16].

Следующим этапом определены направление источников сноса терригенного материала и их удаленность от моделируемого участка. Согласно региональным исследованиям, к юго-западу от моделируемой территории располагалась зона аллювиальной равнины высотой до 200 м, с которой сносился обломочный материал. Оценен объем привносимого речным потоком материала, объемное соотношение грубозернистых и мелкозернистых песков, алевролитов и глин [17, 18].

При создании модели также подобраны процентное соотношение литологических разностей осадочных отложений и объем привносимого речным потоком осадочного материала, чтобы в построенной модели объем накопленного осадка не превышал тот объем, который накопился на данной территории.

Полученную модель осадконакопления планировалось откалибровать по данным каротажа выбранных опорных скважин. Однако в программном комплексе Dionisos Flow калибровка скважинных данных проводится по кривой ГК. Следует отметить, что русловые песчаники хорошо

коррелируются по кривой ПС [19], но на каротажной диаграмме ГК они практически не отличаются от вмещающих пород, поэтому выполнить калибровку по скважинным данным в данной работе не представлялось возможным. Полученная модель осадконакопления откалибрована с учетом известных по сейсмическим данным литолого-фациальных особенностей исследуемой территории.

Результаты

В работе предпринята попытка смоделировать континентальные обстановки осадконакопления, существовавшие на исследуемой территории в уфимском, казанском и татарском веках пермского периода. В западной части моделируемой площади подтверждено существование слабоизвилистых русел северо-восточного направления и их небольших ответвлений. По очертанию в плане русла палеорек представляют собой разбросанные тела [20], постоянно меняющие свою форму и пространственное положение, сохраняя при этом преимущественно северо-западное направление. Формирование палеорек происходило в условиях аккумулятивной равнины, характеризующейся небольшими углами наклона территории. Согласно выполненным построениям, энергия потока палеорек в среднем составляла 25–50 м³/с, что характерно для равнинных рек с низкой энергией.

В уфимском веке в юго-восточной части территории существовала пониженная область рельефа, в которой происходило накопление озерных осадков. По очертаниям в плане в данном интервале разреза можно проследить дельты палеорек. К началу татарского века озерная низменность заполнилась осадками, в плане прослеживаются меандры блуждающей палеореки.

На основе отстроенных прогнозных карт распространения песчаников, алевролитов и глин отмечено, что мощность песчаных тел в контуре предполагаемого русла достигает 20 метров, пойменные отложения характеризуются увеличенными значениями мощности глин и алевролитов. Длительность существования русел в геологическом времени, согласно построенной седиментационной модели, составляет 0,5 млн лет. В области распространения дельтовых отложений мощность песчаных пластов уменьшается в восточном направлении и не превышает 10 м.

Построенная седиментационная модель подтверждает высказанное в диссертационной работе Н. И. Никонова предположение о существовании дельтовых отложений в зоне сочленения Ижма-Печорской синеклизы и Верхнепечорской впадины.

Следует отметить, что нефтеносность русловых отложений в северной части Ижма-Печорской синеклизы и в Верхнепечорской впадине пока не доказана. Однако выделенные по промыслово-геофизическим данным нефтенасыщенные пласты в скважинах 1-Юбилейная, 1-Динью, 1-Шорьель и 1-Еджидьельская указывают на возможное наличие залежей как в уфимских, так и казанско-татарских отложениях пермской системы.

Построенная модель распространения русловых отложений пермского возраста (рис. 2), отстроенные прогнозные карты распространения песчаников, алевролитов и глин могут использоваться для оценки ресурсного потенциала исследуемой территории, которая слабо изучена сейсморазведочными работами.

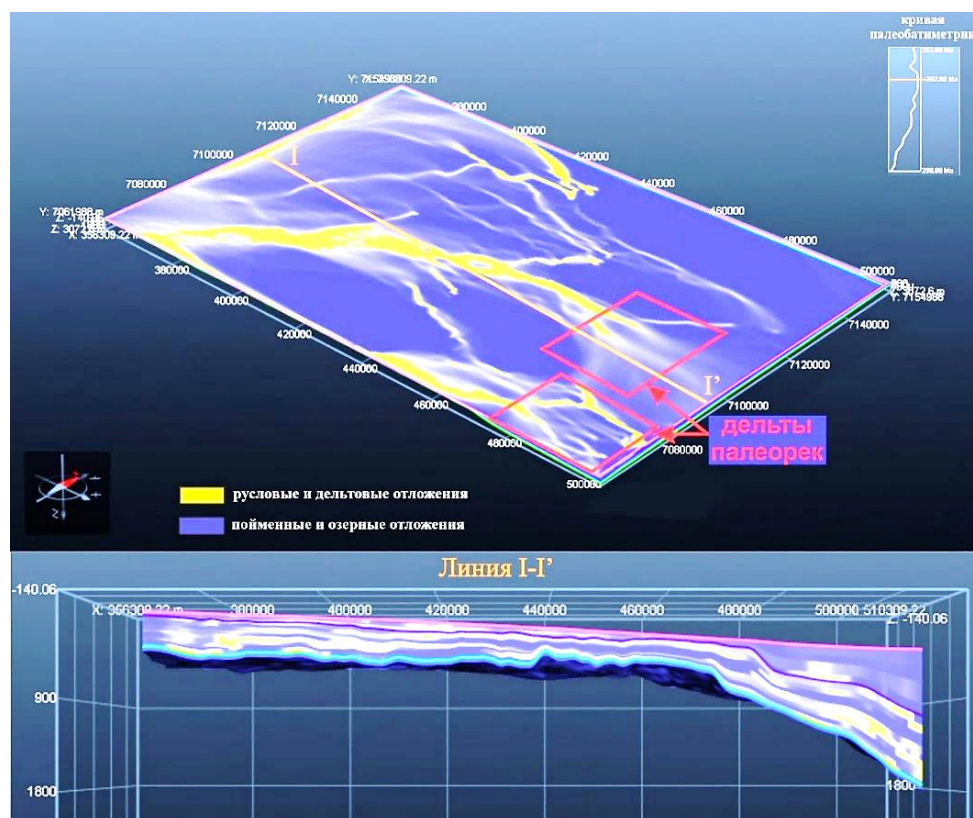


Рис. 2. Модель распространения русловых и дельтовых отложений пермского возраста

Выводы

В заключение хотелось бы отметить, что моделирование седиментационных процессов в программном комплексе Dionisos Flow не сможет заменить детальность и точность изучения русловых отложений сейсморазведочными работами МОГТ-3D, но вследствие их дороговизны невозможно охватить всю территорию такими исследованиями. Предлагается использовать метод прогнозирования распространения русловых отложений на основе седиментационного моделирования на территориях, не изученных съемкой 3D, с целью локализации областей развития коллекторов и планирования сейсморазведочных работ на данных территориях.

Подобные работы также имеют значимость для повышения достоверности оценок ресурсного потенциала. Прослеживание палеорусловых

отложений остается достаточно сложным процессом. Не всегда даже наличие сейсморазведочных работ МОГТ-3D позволяет выделить и проследить русловые отложения (например, Изъяшорская площадь), тем более это невозможно, имея только профили 2D. Часто приходится сталкиваться с тем, что при оценке прогнозных ресурсов слабо изученной сейсморазведочными работами территории приходится использовать метод сравнительных аналогий, что не всегда корректно и не дает полной картины перспективности той или иной оцениваемой площади. Седиментационное моделирование позволяет отделить ловушки, где прогнозируется развитие русловых фаций, от малоперспективных ловушек в неблагоприятных фациальных условиях и выполнить дифференцированную оценку качества коллекторов и ресурсов.

Седиментационное моделирование помогает понять геологические процессы, существовавшие в прошлом, и проверить правильность той или иной концепции, что в конечном итоге приводит к снижению неопределенности при постановке поисковых работ и оценке прогнозных ресурсов нефти и газа.

Список источников

1. Никонов, Н. И. Прогноз зон размещения нефтегазоносных рифовых и аллювиально-дельтовых природных резервуаров Тимано-Печорской провинции : специальность 04.00.17 «Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений» : диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук / Никонов Николай Иванович. – Москва, 1984. – 207 с. – Текст : непосредственный.
2. Конибир, Ч. Э. Б. Палеогеоморфология нефтегазоносных песчаных тел / Ч. Э. Б. Конибир ; перевод с английского, под редакцией М. М. Грачевского, Е. В. Кучерука. – Москва : Недра, 1979. – 256 с. – Перевод изд.: *Geomorphology of Oil and Gas Fields in Sandstone Bodies* / C. E. B. Conybeare. Amsterdam – Oxford – New York, 1976. – Текст : непосредственный.
3. Жемчугова, В. А. Практическое применение резервуарной седиментологии при моделировании углеводородных систем = *Practical Application of Reservoir Sedimentology in Modeling Hydrocarbon Systems* : учебное пособие / В. А. Жемчугова. – Москва : РГУ нефти и газа имени И. М. Губкина, 2014. – 344 с. – Текст : непосредственный.
4. Селли, Р. Ч. Древние обстановки осадконакопления / Р. Ч. Селли ; перевод с английского А. А. Никонова, К. И. Никоновой. – Москва : Недра, 1989. – 293 с. – Перевод изд.: *Ancient sedimentary environments and their sub-surface diagnosis* / Richard C. Selley. London, 1985. – Текст : непосредственный.
5. Серра, О. Восстановление условий осадконакопления по данным геофизических исследований скважин / О. Серра ; перевод с английского. – Москва : Schlumberger Limited, 1985. – 366 с. – Перевод изд.: *Sedimentary environments from wireline logs* / Oberto Serra. New York, 1969. – Текст : непосредственный.

6. Муромцев, В. С. Электрометрическая геология песчаных тел — литологических ловушек нефти и газа / В. С. Муромцев — Ленинград : Недра, 1984. — 260 с. — Текст : непосредственный.
7. Обстановки осадконакопления и фации. В 2 томах. Т. 1 / Под редакцией Х. Рединга ; перевод с английского И. С. Барсакова [и др.]. — Москва : Мир, 1990. — 352 с. — Перевод изд.: *Sedimentary environments and facies* / H. G. Reading. Oxford, 1986. — Текст : непосредственный.
8. Кузнецов, В. Г. Литология. Основы общей (теоретической) литологии : учебное пособие / В. Г. Кузнецов — Москва : Научный мир, 2011. — 360 с. — Текст : непосредственный.
9. Попов, И. В. Загадки речного русла / И. В. Попов. — Ленинград : Гидрометеиздат, 1977. — 168 с. — Текст : непосредственный.
10. Тимано-Печорский седиментационный бассейн (объяснительная записка к «Атласу геологических карт», 2000) / З. В. Ларионова, В. И. Богацкий, Е. Г. Довжикова [и др.]. — Ухта : ТП НИЦ, 2002. — 122 с. — Текст : непосредственный.
11. Методика палеогеоморфологических исследований нефтегазоносных областей СССР / Под редакцией А. Н. Золотова [и др.]. — Москва : Недра, 1985. — 190 с. — (Труды ВНИГНИ). — Текст : непосредственный.
12. Барабошкин, Е. Ю. Практическая седиментология (терригенные коллектора) / Е. Ю. Барабошкин ; Центр профессиональной переподготовки специалистов нефтегазового дела (Хериот-Ватт Центр), Томский политехнический университет. — Томск : ТПУ, 2007. — 154 с. — Текст : непосредственный.
13. Granjeon, D. 3D forward modelling of the impact of sediment transport and base level cycles on continental margins and incised valleys / D. Granjeon. — DOI 10.1002/9781118920435.ch16. — Direct text // *Depositional Systems to Sedimentary Successions on the Norwegian Continental Margin* / Edited by A. W. Martinus [et al.]. — Georgia : Wiley, 2014. — P. 453–472.
14. Csato, I. Millennial-Scale Sequence Stratigraphy : Numerical Simulation with Dionisos / I. Csato, O. Catuneanu, D. Granjeon. — DOI 10.2110/jsr.2014.36. — Direct text // *Journal of Sedimentary Research*. — 2014. — Vol. 84, Issue 5. — P. 394–406.
15. Plio-Pleistocene sequence stratigraphic architecture of the eastern Niger Delta : A record of eustasy and aridification of Africa / P. Jermannaud, D. Rouby, C. Robin [et al.]. — DOI 10.1016/j.marpetgeo.2009.12.005. — Direct text // *Marine and Petroleum Geology*. — 2010. — Vol. 27, Issue 4. — P. 810–821.
16. Зорина, С. О. Механизмы осадконакопления в эпиконтинентальных бассейнах : учебно-методическое пособие / С. О. Зорина. — Казань : Казанский университет, 2011. — 32 с. — Текст : непосредственный.
17. Рейнек, Г. Э. Обстановки терригенного осадконакопления (с рассмотрением терригенных кластических осадков) / Г. Э. Рейнек, И. Б. Сингх ; перевод с английского. — Москва : Недра, 1981. — 439 с. — Перевод изд.: *Depositional Sedimentary Environments : with Reference to Terrigenous Clastics* / H.-E. Reineck, I. B. Singh. Berlin – Helderberg – New York, 1975. — Текст : непосредственный.
18. Фациальные модели / Перевод с английского, под редакцией Р. Уолкера, Н. Джеймса. — Москва – Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2017. — 916 с. — (Нефтегазовый инжиниринг). — Перевод изд.: *Facies models : Response to sea level change* / R. G. Walker, N. P. James. St. John's, 1992. — Текст : непосредственный.

19. Белозёров, В. Б. Роль седиментационных моделей в электорофациальном анализе терригенных отложений / В. Б. Белозёров. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 319, № 1. – С. 116–123.

20. Геологический словарь : в 2 томах / Под редакцией К. Н. Паффенгольца [и др.]. – 2-е изд., испр. – Москва : Недра, 1978. – Том 1. – 487 с. – Текст : непосредственный.

References

1. Nikonov, N. I. (1984). Prognoz zon razmeshcheniya neftegazonosnykh rifo-
vykh i allyuvial'no-del'tovykh prirodnykh rezervuarov Timano-Pechorskoy provintsii.
Diss. ... kand. geol.-mineral. nauk. Moscow, 207 p. (In Russian).
2. Conybeare, C. E. B. (1976). Geomorphology of Oil and Gas Fields in Sand-
stone Bodies. Amsterdam - Oxford - New York, Elsevier Scientific Publishing Compa-
ny, 341 p. (In English).
3. Zhemchugova, V. A. (2014). Practical Application of Reservoir Sedimen-
tology in Modeling Hydrocarbon Systems. Moscow, Russian University of Oil and Gas
named after I. M. Gubkin Publ., 344 p. (In Russian).
4. Selley, R. C. (1985). Ancient sedimentary environments and their sub-
surface diagnosis. 3rd edition. London, Chapman and Hall, 300 p. (In Russian).
5. Serra, O. (1969). Sedimentary environments from wireline logs. New York,
Schlumberger, 300 p. (In English).
6. Muromtsev, V. S. (1984). Elektrometricheskaya geologiya peschanykh
tel - litologicheskikh lozuskh nefti i gaza. Leningrad, Nedra Publ., 260 p. (In Russian).
7. Reading, H. G. (1986). Sedimentary environments and facies. 2nd edition.
Volume 1. Oxford, University of Oxford, 350 p. (In English).
8. Kuznetsov, V. G. (2011). Litologiya. Osnovy obshchey (teoreticheskoy)
litologii. Moscow, Nauchnyy mir Publ., 360 p. (In Russian).
9. Popov, I. V. (1977). Zagadki rechnogo rusla. Leningrad, Gidrometeoizdat
Publ., 168 p. (In Russian).
10. Larionova, Z. V., Bogatsky, V. I., Dovzhikova, E. G., Galkina, L. V., Erma-
kova, O. L., Kostygova, ... Shabanova, G. A. (2002). Timan-Pechora sedimentary basin
(explanatory note to the Atlas of Geological Maps, 2000). Ukhta, Timan-Pechora Re-
search Center Publ., 122 p. (In Russian).
11. Zolotov, A. N., Pronicheva, M. V., & Rozhdestvensky, A. P. (Eds) (1985).
Metodika pelegeomorfologicheskikh issledovaniy neftegazonosnykh oblastey SSSR.
Moscow, Nedra Publ., 190 p. (In Russian).
12. Baraboshkin, E. Yu. (2007). Prakticheskaya sedimentologiya (terrigennyye
kollektora). Tomsk, Tomsk Polytechnic University Publ., 154 p. (In Russian).
13. Granjeon, D. (2014). 3D forward modelling of the impact of sediment
transport and base level cycles on continental margins and incised valleys. Depositional
Systems to Sedimentary Successions on the Norwegian Continental Margin, Georgia,
Wiley, pp. 453-472. (In English).
14. Csato, I., Catuneanu, O., & Granjeon, D. (2014). Millennial-Scale Sequence
Stratigraphy: Numerical Simulation with Dionisos. Journal of Sedimentary Research,
84(5), pp. 394-406. (In English). DOI: 10.2110/jsr.2014.36

15. Jermannaud, P., Rouby, D., Robin, C., Nalpas, T., Guillocheau, F., & Rilllard, S. (2010). Plio-Pleistocene sequence stratigraphic architecture of the eastern Niger Delta: A record of eustasy and aridification of Africa. *Marine and Petroleum Geology*, 27(4), pp. 810-821. (In English). DOI: 10.1016/j.marpetgeo.2009.12.005
16. Zorina, S. O. (2011). *Mekhanizmy osadkonakopleniya v epikontinental'nykh basseynakh*. Kazan, Kazan University Publ., 32 p. (In Russian).
17. Reineck, H. E., & Singh, I. B. (1975). *Depositional Sedimentary Environments: with Reference to Terrigenous Clastics*. Berlin - Helderberg - New York, Springer-Verlag, 551 p. (In English).
18. Walker, R. G., & James, N. P. (Eds) (1992). *Facies models: Response to sea level change*. St. John's, Geological Association of Canada, 454 p. (In English).
19. Belozarov, V. B. (2011). Rol' sedimentatsionnykh modeley v elektrofatsional'nom analize terrigennykh otlozheniy. *Bulletin of the Tomsk Politechnic University*, 319(1), pp. 116-123. (In Russian).
20. Paffengolts, K. N., Borovikov, L. I., & Shatalov, E. T. (Eds) (1978). *Geologicheskiy slovar': v 2 tomakh. 2nd edition, revised. Tom 1*. Moscow, Nedra Publ., 487 p. (In Russian).

Информация об авторе

Information about the author

Хворост Ирина Михайловна,
геолог I категории, филиал ООО
«ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «ПермНИПИ
нефть», г. Пермь, Irina.Hvorost@pnn.lukoil.com

Irina M. Khvorost, Geologist of the
1st category, PermNIPIneft Branch of
LUKOIL-Engineering LLC, Perm, Irina.
Hvorost@pnn.lukoil.com

Статья поступила в редакцию 10.03.2023; одобрена после рецензирования 29.05.2023; принята к публикации 06.06.2023.

The article was submitted 10.03.2023; approved after reviewing 29.05.2023; accepted for publication 06.06.2023.