

УДК 553.982.23

СТРУКТУРНО-ЛИТОЛОГИЧЕСКИЕ ЛОВУШКИ НЕФТИ И ГАЗА В ОТЛОЖЕНИЯХ ВЕРХНЕЙ ЮРЫ СРЕДНЕВАСЮГАНСКОГО МЕГАВАЛА

Белозёров Владимир Борисович,
BelozerovVB@hw.tpu.ru

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.

Актуальность. Промышленное освоение нефтегазоносных территорий, с одной стороны, формирует развитую инфраструктуру нефтедобычи, а с другой – снижает её нефтегазоносный потенциал, в результате чего через определённый промежуток времени созданная инфраструктура становится невостребованной. Для её эффективного использования необходимо постоянно наращивать минерально-сырьевую базу территории. Как правило, на первой стадии поисково-разведочных работ выявляются залежи углеводородов структурного типа, и по мере повышения геолого-геофизической изученности территории осуществляется переход к поиску залежей углеводородов в сложнопостроенных ловушках. Подготовка структурно-литологических поисковых объектов также может включать несколько этапов, в зависимости от детальности изучения территории данными сейсморазведки. Примером таким подходом может служить последовательность поисково-разведочных работ в отложениях васюганской свиты келловей-оксфордского возраста Средневазюганского мегавала юго-восточной части Западной Сибири. На первом этапе (до 1989 г.) на рассматриваемой территории был выделен ряд структурно-литологических ловушек в нефтеперспективном верхнеоксфордском пласте Ю1/1 на основе сейсмогеологического анализа, данных бурения и волновой характеристики временного интервала сейсмических горизонтов IIa-Ib, отражающего строение васюганской свиты. Последующее поисково-разведочное бурение осуществлялось только в пределах уже ранее открытых месторождений с целью их подготовки к промышленному освоению. В рамках второго этапа, на основе новых сейсмических исследований, перспективная зона нефтегазоносности, связанная с ловушками структурно-литологического типа, была расширена. При этом критерии прогноза зоны развития пласта Ю1/1 были обоснованы двухмерным сейсмогеологическим моделированием. Это позволило сопоставить и объединить результаты сейсмогеологической интерпретации, выполненной на первом и втором этапах. Кроме того, анализ результатов глубокого бурения, реализованного при доразведке месторождений, показал достоверность ряда прогнозных зон нефтегазоносности, выделенных на первом этапе, что предполагает целенаправленное проведение бурения в пределах выделенных неантиклинальных поисковых объектов. С учётом развитой инфраструктуры нефтедобычи рассматриваемой территории их освоение значительно повысит её углеводородный потенциал.

Объект: терригенные отложения келловей-оксфорда васюганской свиты в пределах западного склона Средневазюганского мегавала.

Метод: двухмерное сейсмогеологическое моделирование при оценке критериев прогноза зоны развития продуктивного пласта Ю1/1 по данным сейсморазведки.

Результаты. Определены критерии прогноза зоны развития пласта Ю1/1 на основе проведённого двухмерного сейсмогеологического моделирования. Выявлены новые неантиклинальные нефтеперспективные объекты. По результатам бурения подтверждена продуктивность ряда ранее выделенных нефтеперспективных участков. Оценены перспективы заполнения выделенных структурно-литологических объектов углеводородами на основе анализа величины генерационного потенциала углеводородов баженовской свиты в пределах зоны развития пласта Ю1/1.

Ключевые слова:

васюганская свита, двухмерное сейсмогеологическое моделирование, структурно-литологическая ловушка углеводородов, сейсмический разрез, генерационный потенциал углеводородов баженовской свиты.

Введение

В основу статьи положены результаты сейсмогеологических исследований 1989 г., направленные на прогноз ловушек неантиклинального типа (НАЛ) в отложениях келловей-оксфорда западного склона Средневазюганского мегавала [1]. Последующие полевые сейсмические работы, проводимые на рассматриваемом участке, позволяют дополнить ранее выполненный прогноз развития структурно-литологических ловушек, обосновав критерии их картирования двухмерным сейсмогеологическим моделированием, а проведённое после 1989 г. поисково-разведочное бурение в пределах анализируемого участка представляет возможность оценить достоверность ранее выполненного прогноза.

Геологическое строение и нефтегазоносность объекта исследования

Отложения келловей-оксфорда васюганской свиты являются основным продуктивным горизонтом юго-восточной части Западной Сибири [2–5].

В пределах западного склона Средневазюганского мегавала этот осадочный комплекс представлен отложениями надугольной, межугольной, подугольной толщ горизонта Ю1 и нижневазюганской подсвиты, входящих в состав васюганской свиты [6].

Нижневазюганская подсвита, формирование которой проходило в условиях морского мелководья, представлена переслаиванием алевролитов и аргиллитов. Толщина подсвиты составляет 10–15 м.

Подугольную толщу слагают выдержанные по площади регрессивные прибрежно-морские песчаники (пласт Ю1/4) толщиной 10–20 м.

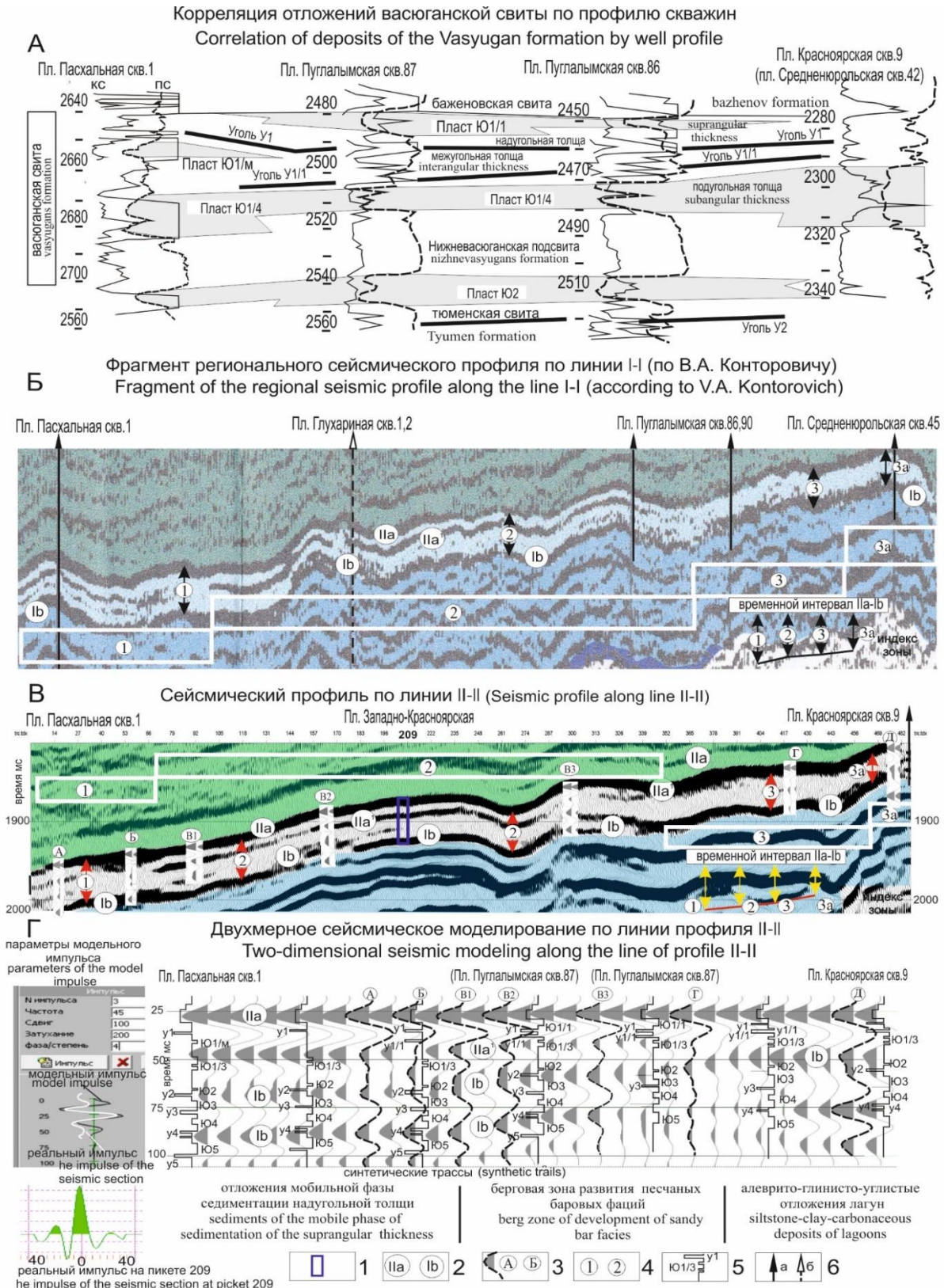


Рис. 1. Сейсмогеологический прогноз развития пласта Ю1/1 васюганской свиты: 1 – интервал расчёта реального импульса сейсмотрасс; 2 – индекс сейсмического отражающего горизонта; 3 – участки сопоставления реальных и модельных сейсмотрасс; 4 – индекс фациальной зоны надугольной толщи; 5 – скоростная модель разреза с указанием угольных и песчаных пластов; 6 – скважины пробуренные до (а) и после (б) 1989 г.

Fig. 1. Seismogeological forecast of the development of the Yu1/1 formation of the Vasyugan formation: 1 – interval for calculating the real pulse of seismic tracks; 2 – index of the seismic reflecting horizon; 3 – areas of comparison of real and model seismic routes; 4 – index of the facies zone of the suprangular thickness; 5 – speed model of the section with indication of coal and sand layers; 6 – wells drilled before (a) and after (b) 1989

Формирование междугольной толщи континентального генезиса связано с регрессивно-трансгрессивным этапом развития осадочного бассейна. Наблюдаемая литологическая неоднородность отложений обусловлена присутствием как русловых (пласт Ю1/м), так и пойменных фаций, а границы её кровли и подошвы выделяются по наличию в разрезе паралических угольных пластов У1 и У1/1. В зависимости от гипсометрического положения васюганской свиты отмечается увеличение мощности континентальных отложений в западном направлении от первых единиц (пл. Красноярская скв. 9) до первых десятков (пл. Пасхальная скв. 1) метров (рис. 1, А).

Надугольная толща формировалась в период начальной фазы оксфорд-волжской трансгрессии, в результате которой в пределах рассматриваемой территории в направлении с запада на восток получили развитие алеврито-глинистые осадки мобильной фазы седиментации, барговая зона развития песчаных баровых фаций пласта Ю1/1 и алеврито-глинисто-углистые отложения лагуны (рис. 2).

При мощности надугольной толщи 10–15 м в зоне развития баров, где песчаный пласт Ю1/1 составляет 5–10 м, отмечается её уменьшение до 5–8 м в западном и восточном направлении.

Отложения васюганской свиты перекрываются битуминозными аргиллитами баженской свиты кимирдж-волжского возраста мощностью 8–12 м, которые являются основным генератором углеводородов для подстилающих их песчаников пласта Ю1/1.

Васюганская свита залегает на континентальных угленосных отложениях тюменской свиты, в кровельной части которой выделяется базальный песчаный пласт Ю2.

Детальная литологическая и каротажная характеристика анализируемых толщ и фациальных зон васюганской свиты, в соответствии с которой прогноз развития пласта Ю1/1 базировался на визуальном сопоставлении особенностей сейсмической записи временного интервала Па-1б (рис. 1, Б) и данных бурения глубоких скважин, характеризующих особенности строения васюганской свиты (рис. 1, А), приведены в работе [1]. В качестве критерия сейсмогеологического прогноза коллектора надугольной толщи было принято наличие самостоятельной фазы Па1 в пределах временного интервала Па-1б (рис. 1, Б). По этому критерию в пределах центральной и южной части изучаемого района выполнено картирование зоны развития пласта Ю1/1 с выделением нефтеперспективных объектов структурного и неантиклинального типа (рис. 2, А).

Характеризуя нефтегазоносность южной и центральной части рассматриваемой территории, где перспективы поиска неантиклинальных ловушек были определены ранее, следует отметить, что из четырёх открытых на это время месторождений (Колотушное, Ключевское, Средненюрольское и Пуглалымское) залежи нефти в пласте Ю1/1 были выявлены на Колотушной и Пуглалымской площади, а в пласте Ю1/4 – на Ключевской и Средненюрольской структурах.

Учитывая, что первичная миграция углеводородов из баженской свиты осуществляется в пласт Ю1/1, продуктивность пласта Ю1/4 можно рассматривать как результат перетока углеводородов из залежей надугольной толщи в подугольную по литологическим окнам, существующим в междугольной пачке [7]. Вследствие этого залежь нефти пласта Ю1/4 Средненюрольской площади можно рассматривать как результат перетока углеводородов из пласта Ю1/1 Пуглалымского месторождения.

Наличие залежи нефти в подугольной толще Ключевской структуры предполагает возможное скопление углеводородов в надугольной пачке на её северной периклинали, а промышленная нефтеносность пласта Ю1/4 Средневазюганской площади может свидетельствовать о формировании залежи нефти пласта Ю1/1 в пределах Западно-Красноярской структуры (рис. 2, А).

Сейсмогеологические предпосылки выделения структурно-литологических ловушек и оценка их продуктивности

В результате дальнейшего проведения поисково-разведочных работ в пределах открытых месторождений и нефтеперспективных структур получены следующие результаты (рис. 2, А).

На Западно-Ключевской структуре в скважине 73, пробуренной на оконтуривающей изогипсе рассматриваемого поднятия, получены промышленные притоки нефти из пласта Ю1/1 толщиной 4 м, дебитом 15,8 м³/сут.

Учитывая местоположение ранее пробуренных скважин 67 и 68, в которых были отмечены непромышленные притоки нефти, вновь открытая залежь относится к типу структурно-литологических.

Бурением в 1992 г. скважин 1 и 2 в пределах Глухаринного поднятия выявлена промышленная залежь нефти в пласте Ю1/1 мощностью 5 м.

На Южно-Ельцовой площади пробурены скважины 1 и 2, где отложения надугольной толщи представлены мелкозернистыми глинистыми нефтенасыщенными песчаниками, при испытании которых притока не получено. Учитывая, что скважины расположены в пределах зоны замещения продуктивного коллектора за пределами оконтуривающей изогипсы Южно-Ельцового поднятия, нефтеперспективная область может быть локализована в центральной приподнятой части рассматриваемой структуры.

В результате доразведки Колотушного поднятия скважины 273, 274, 272, 270 вскрыли зону отсутствия коллектора Ю1/1, скважины 277 и 266 – нефтеносную зону пласта, а скважина 269 – его водонефтяную часть. Различие гипсометрических отметок интервалов испытания в скважине 269 (а.о. –2477 м) и 277 (а.о. –2504 м) свидетельствует о наличии в пределах Колотушного поднятия ряда заливообразных структурно-литологических залежей углеводородов с разными отметками водонефтяных контактов, обусловленных конфигурацией прогнозной линии выклинивания коллектора (рис. 2, А).

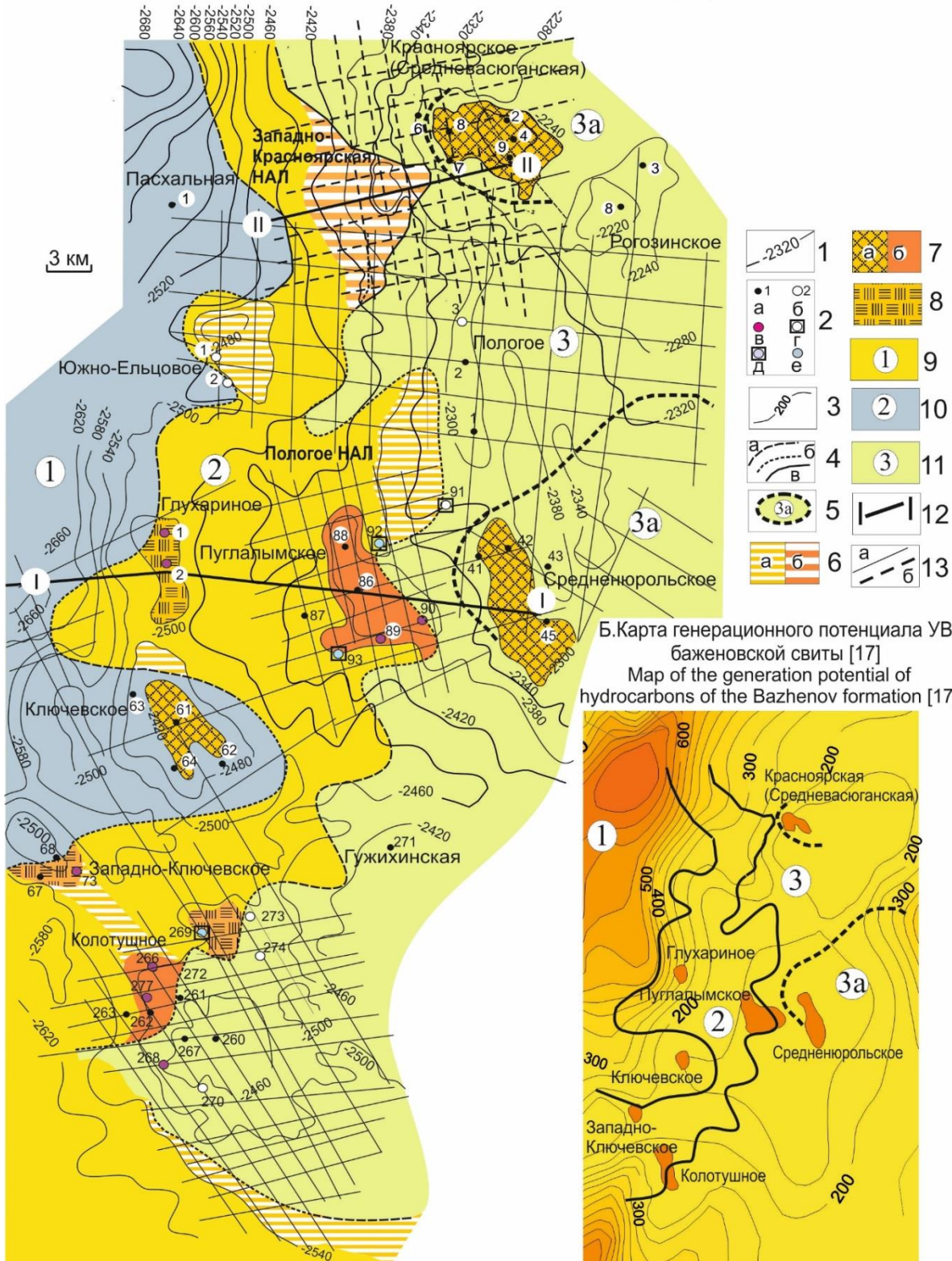
В то же время безводные притоки нефти из пласта Ю1/1 в скважине 73 Западно-Ключевской и в скважине 277 Колотушного поднятий, полученные, соот-

ветственно, на абсолютных отметках –2494 и –2500,4 м, предполагают возможное объединение залежей углеводородов рассматриваемых структур.

При доразведке залежи нефти в пласте Ю1/1 на Пуглалымской структуре пробурено четыре скважины. Скважины 89, 90 подтвердили наличие залежи

углеводородов. В скважине 93 из интервала абсолютных отметок –2369–2378 м получен водонефтяной приток, а в скважине 92 при испытании пласта Ю1/1 в процессе бурения интервала 2475–2490 м (а.о. – 2379–2394 м) отмечена плёнка нефти и вода дебитом 0,4 м³/сут.

А. Литолого-фациальная схема с элементами нефтегазоносности
 Lithological and facies scheme with elements of oil and gas potential



Б. Карта генерационного потенциала УВ баженовской свиты [17]
 Map of the generation potential of hydrocarbons of the Bazhenov formation [17]



С учётом местоположения скважины 92 она, возможно, вскрыла водонефтяной контакт прогнозной неантиклинальной залежи нефти (Пологая НАЛ) на 16 м ниже, чем он определён в скважине 93 на Пуглалымском месторождении. В скважине 91, пробуренной в зоне выклинивания продуктивного пласта выделенной неантиклинальной ловушки, при испытании пласта Ю1/1 в колонне получена плёнка нефти и глинистый раствор.

Сейсмические работы, проведённые в северной части рассматриваемой территории, позволили дополнить перспективы её прогноза на поиск ловушек углеводородов структурно-литологического типа. В геологоразведочной практике территориальный прогноз развития коллектора и оценка его нефтегазоносности осуществляется на основе интерпретации атрибутивного анализа данных сейсморазведки. Наиболее распространёнными являются спектральная декомпозиция [8–10], инверсионный анализ [11], когерентность [12], мгновенная частота [13], амплитудно-фазовый анализ [14–16] и другие.

Однако любой атрибутивный анализ не учитывает факт интерференции исходной сейсмической записи, искажающей информацию об анализируемом целевом объекте, вследствие чего пространственная достоверность его прогноза снижается.

В то же время изучение влияния литологической неоднородности вмещающих толщ на информативность целевого объекта в волновом поле сейсмической записи при двухмерном сейсмогеологическом моделировании позволяет корректировать исходную сейсмическую запись с целью исключения или снижения нежелательного фактора интерференции. Получаемая при этом информация в качестве карт разностных параметров может являться основой для последующего её использования в атрибутивном анализе.

С целью более углубленного изучения особенностей формирования волновой картины анализируе-

мых сейсмических разрезов в условиях тонкослоистой литологической неоднородности строения васюганской свиты было выполнено двухмерное сейсмогеологическое моделирование (рис. 1, Г), результаты которого широко используются при геологической интерпретации данных сейсморазведки [17–19].

Моделирование учитывало: 1 – выделение реального сейсмического импульса из продуктивного интервала временного разреза с использованием программного продукта полевой обработки сейсмической информации (SPS-PC); 2 – генерацию модельного импульса, подобного реально выделенному, в программе двухмерного сейсмогеологического моделирования; 3 – формирование тонкослоистой скоростной модели по скважинам корреляционного профиля с дополнением возможной литологической неоднородности континентальных угленосных отложений тюменской свиты; 4 – сопоставление синтетических трасс модельного разреза (рис. 1, Г) с сейсмическими трассами реального разреза (рис. 1, В); 5 – оценку критериев выделения зоны развития пласта Ю1/1 надугольной толщи в сейсмической записи.

При построении скоростной модели для литологических разностей, слагающих баженовскую, васюганскую и тюменскую свиты, были приняты следующие значения пластовых скоростей, основанные на усредненных значениях этих параметров по данным акустического каротажа в скважинах, пробуренных в пределах юго-восточной части ЗСП: угольные пласты – 2,5–3 км/с, аргиллиты баженовской свиты – 3–3,5 км/с, переслаивание аргиллитов и алевролитов – 4 км/с, алевролиты – 4,2 км/с, песчаники – 4,5 км/с.

Как следует из литературных источников [20–23], анализ особенностей строения васюганской свиты рассматривают в пределах волнового пакета отражающих горизонтов Па–Ib.

Рис. 2. Перспективы нефтегазоносности надугольной толщи васюганской свиты западного склона Средневазюганского мегавала: 1 – сейсмоизогипсы отражающего горизонта Па (подошва баженовской свиты); 2 – скважины: а) пробуренные до 1989 г.; б) пробуренные после 1989 г., не давшие притока флюида; в) давшие нефть; г) плёнку нефти; д) нефть и воду; е) воду; 3 – генерационный потенциал УВ баженовской свиты (тыс. т/км²); 4 – линии выклинивания коллектора предполагаемые (а), по результатам интерпретации данных сейсморазведки до 1989 г. (б) и после (в); 5 – зона частичного размыва надугольной толщи; 6 – нефтеперспективные неантиклинальные ловушки УВ в пласте Ю1/1, прогнозируемые до 1989 г. (а) и после (б); 7 – залежи нефти, открытые до 1989 г. в пласте Ю1/3 (а) и Ю1/1 (б); 8 – залежи нефти, открытые в пласте Ю1/1 после 1989 г.; 9 – прогнозная зона развития пласта Ю1/1; 10 – зона отложений мобильной фазы седиментации; 11 – зона формирования лагуны; 12 – интерпретируемые сейсмические разрезы; 13 – сейсмические профили, выполненные до 1989 г. (а) и после (б)

Fig. 2. Prospects of oil and gas potential of the supranormal stratum of the Vasyugan formation of the western slope of the Srednevasyugan megaswell: 1 – seismoisohypses of the reflecting horizon Pa (the sole of the Bazhenov formation); 2 – wells: a) drilled before 1989; b) drilled after 1989 that did not give an influx of fluid; c) gave oil; d) film of oil; e) oil and water; e) water; 3 – generation potential of the Bazhenov formation (thousand tons/km²); 4 – line of disappearance of the collector is assumed (a), according to the interpretation of seismic survey data before 1989 (b) and after (c); 5 – zone of partial erosion of the supranormal thickness; 6 – oil-prospective non-anticlinal traps of hydrocarbons in the U1/1 formation predicted before 1989 (a) and after (b); 7 – oil deposits discovered before 1989 in the reservoir Y1/3 (a) and Y1/1 (b); 8 – oil deposits discovered in the reservoir Y1/1 after 1989; 9 – collector forecast zone Y1/1; 10 – sediment zone of the mobile sedimentation phase; 11 – lagoon formation zone; 12 – interpreted seismic sections; 13 – seismic profiles made before 1989 (a) and after (b)

Региональный сейсмический горизонт Па формируется низкоскоростной пачкой аргиллитов баженовской свиты, а горизонт Ib – особенностями строения кровли тюменской свиты, литологическая неоднородность которой отражается в сложном фазовом строении рассматриваемого отражающего горизонта. Обусловлено это фрагментарным проявлением в разрезе и по площади угольных пластов и песчаников русловых фаций, в результате чего формирование высокоамплитудного горизонта Ib может происходить на различных стратиграфических уровнях осадочного разреза (рис. 1, Г, синтетические трассы Б, Г, Д). Проведённое сопоставление особенностей строения реального и модельного (синтетические трассы А–Д) разрезов волнового пакета Па–Ib в пределах выделяемых фациальных зон показало высокую степень их подобия, что позволяет использовать результаты моделирования для выработки критериев сейсмогеологического прогноза зоны развития пласта Ю1/1.

Рассматривая особенности строения реального и модельного сейсмических разрезов, следует отметить, что в условиях волновой неоднородности формирования отражающего горизонта Ib отмечается общее увеличение временного интервала Па–Ib с востока на запад (рис. 1, Б, Г). Согласно моделированию это может быть связано с увеличением толщины междуугольной пачки в рассматриваемом направлении, что подтверждается результатами бурения скв. 1 в пределах Пасхальной структуры (рис. 1, А).

Для восточной части территории (Красноярская площадь), где отмечается сокращение надугольной толщи и замещение коллектора Ю1/1 отложениями лагунных фаций, свойственно уменьшение и отсутствие явно выраженных фазовых осложнений временного интервала волнового пакета Па–Ib (синтетические трассы Г и Д). В зоне развития баровых песчаников формируется устойчивая хорошо выраженная отрицательная фаза Па1 (синтетические трассы В1–В3), которая отсутствует в зоне перехода баровых песчаников и отложений мобильной фазы седиментации (синтетическая трасса Б). Далее, в западном направлении, временной интервал Па–Ib осложняется двумя отрицательными фазами (синтетическая трасса А), что, вероятно, обусловлено увеличением толщины междуугольной пачки и отсутствием в разрезе угольного пласта У1/1.

Следует отметить, что при формировании волнового пакета Па–Ib амплитудная характеристика отрицательной фазы Па1, характеризующая наличие пласта Ю1/1, в большей степени зависит от особенностей строения градиентов акустической жёсткости и толщины верхнеюрского разреза (рис. 1, Г, синтетические трассы В1 и В3). В результате этого количественный прогноз мощности коллектора по значениям амплитуды фазы Па1 не представляется возможным.

Наблюдается хорошее сопоставление волновых пакетов временного интервала Па–Ib модельного и реального разрезов (синтетические и реальные трассы А–Д), что может свидетельствовать о правильном подборе градиентов скоростной неоднородности в объёме васюганской свиты. В то же время различия в амплитудах выделяемых фаз можно связывать с

недоучётом скоростных характеристик литологических разностей верхнеюрского разреза.

В целом отмечается тождественность волновой записи временного интервала Па–Ib для сейсмической съёмки разных лет проведения (рис. 1, Б, В). Это позволяет объединить результаты их сейсмогеологической интерпретации (рис. 2, А).

По результатам интерпретации данных сейсморазведки, проведённой после 1989 г., на предмет прогноза зоны развития пласта Ю1/1 в северной части рассматриваемой территории выделяется структурно-литологическая ловушка с нефтеперспективной площадью порядка 45 км² (Западно-Красноярская НАЛ), в пределах которой расположена Западно-Красноярская структура.

Перспективы нефтегазоносности выделяемых в пределах рассматриваемой территории структурно-литологических ловушек можно проанализировать с позиции генерационной возможности УВ баженовской свиты в зоне развития коллектора Ю1/1 [24, 25].

Генерационный потенциал анализируемого участка (рис. 2, Б) рассмотрен в статье [26], где его расчёт проведён на основе анализа толщин баженовской свиты [27], содержания в её составе органического углерода [28] и прогнозируемого коэффициента генерации УВ [29]. Как следует из рисунка, зона развития пласта Ю1/1 характеризуется высокими перспективами углеводородного заполнения выделяемых структурно-литологических ловушек.

С учётом структурного плана по отражающему горизонту Па (подошва баженовской свиты) Пологая НАЛ и Южно-Ельцовое поднятие расположены в зоне генерационного потенциала УВ 400–150 тыс. т/км², а Западно-Красноярская НАЛ – в диапазоне 600–250 тыс. т/км².

Выводы

1. Двухмерное сейсмогеологическое моделирование особенностей строения отложений васюганской свиты позволило определить критерии прогноза нефтеперспективного пласта Ю1/1 по данным сейсморазведки.
2. На базе полученных критериев выделена структурно-литологическая ловушка (Западно-Красноярская НАЛ) в северной части рассматриваемой территории площадью 45 км².
3. Двухмерное сейсмогеологическое моделирование показало правильность ранее сделанного сейсмогеологического прогноза развития пласта Ю1/1 в центральной и южной частях изучаемого района с выделением нефтеперспективных структурных и неантиклинальных поисковых объектов.
4. Анализ проведённого бурения подтвердил продуктивность ранее выделенных антиклинальных и структурно-литологических объектов, что позволяет проводить дальнейшие поисковые работы на фонде рассматриваемых нефтеперспективных ловушек.
5. Высокие перспективы заполнения выделяемых структурно-литологических объектов углеводородами подтверждаются значительными величинами генерационного потенциала УВ баженовской свиты в пределах зоны развития пласта Ю1/1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белозеров В.Б., Брылина Н.А., Даненберг Е.Е. Перспективы поиска ловушек неантиклинального типа в отложениях верхней юры Средневазюганского мегавала // Геологическое строение и нефтегазоносность юго-востока Западной Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1989. – С. 107–115.
2. Лебедева И.А., Карих Т.М., Кудаманов А.И. Условия формирования суперколлекторов пластов горизонта Ю1 васюганской свиты (Западная Сибирь) // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2021. – Т. 16. – № 4. – С. 14–34.
3. Критерии поисков залежей нефти и газа неантиклинального типа в западной части Томской области / В.Б. Белозеров, В.И. Биджаков, Е.Е. Даненберг и др. // Перспективы нефтегазоносности юго-востока Западной Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1980. – С. 101–110.
4. Закономерности состава и строения коллекторов Ю₁ в Широтном Приобье и его ближнем окружении (Западная Сибирь) / В.П. Алексеев, О.С. Чернова, Э.О. Амон, Р.А. Валеев, С.А. Лац, Е.А. Щергина // Литосфера. – 2014. – № 3. – С. 51–69.
5. Геология нефти и газа Западной Сибири / А.Э. Конторович, И.И. Нестеров, Ф.К. Салманов, В.С. Сурков, А.А. Трофимук, Ю.Г. Эрвье. – М.: Недра, 1975. – 680 с.
6. Белозеров В.Б., Даненберг Е.Е., Огарков А.М. Особенности строения васюганской свиты в связи с поиском залежей нефти в ловушках неантиклинального типа // Перспективы нефтегазоносности юго-востока Западной Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1980. – С. 92–101.
7. Хромовских А.Ю. Основные механизмы и факторы формирования верхнеюрских залежей углеводородов Каймысовского свода (Томская область) // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 1. – С. 28–32.
8. Othmana A.A.A., Fathya M., Maherb A. Use of spectral decomposition technique for delineation of channels at Solar gas discovery, offshore West Nile Delta, Egypt // Egyptian Journal of Petroleum. – 2016. – № 25. – P. 45–51.
9. Rodriguez J.M. Spectral decomposition and inversion: case study of a production area in the cook inlet basin Alaska, USA. A Thesis. – Faculty of the Department of Earth and Atmospheric Sciences University of Houston. – 2009. – 89 p.
10. Johann P., Ragagnin G., Spínola M. Spectral decomposition reveals geological hidden features in the amplitude maps from a deep water reservoir in the Campos Basin, Technical Program Expanded Abstracts: Society of Exploration Geophysicist // SEG. – 2003. – P. 1740–1743.
11. Chopra S., Pickford S. Integrating Coherence Cube imaging and seismic attributes // SEG. – 2001. – V. 26. – № 10 – P. 20–22.
12. Shtivelman V., Land E., Gelchinsky B. Phase and group time section and possibilities for their use in seismic interpretation of complex media // Geophysical Prospecting. – 1986. – V. 34. – № 4. – P. 508–536.
13. Seismic attribute benchmarking on instantaneous frequency / L. Xing, V. Aarre, A.E. Barnes, T. Theoharis, N. Salman, E. Tjaland // GEOPHYSICS. – 2019. – V. 84. – № 3. – P. 63–75.
14. Unyithya J.M., Ehirim C.N., Dagogo T. Seismic amplitudes and spectral attribute analysis in reservoir characterisation, 'MUN' onshore Niger delta field // Petrol Explor Prod Technol. – 2020. – № 10. – P. 2257–2267.
15. Kidney R.L., Silver R.S., Hussein H.A. 3-D seismic mapping and amplitude analysis: a Gulf of Mexico case history // Energy Exploration & Exploitation. – 1992. – V. 10. – № 4/5. – P. 259–280.
16. Li S., Rao Y. Seismic low-frequency amplitude analysis for identifying gas reservoirs within thinly layered media // Journal of Geophysics and Engineering. – 2020. – V. 17. – № 1. – P. 175–188.
17. Improving the accuracy of geological model by using seismic forward and inverse techniques / H. Yong, Y. Xinghe, L. Shengli, C. Gongyang, Z. Yanli, G. Zhaopu // Petroleum Exploration and Development. – 2014. – V. 41. – № 2. – P. 208–216.
18. Seismic-driven geocellular modeling of fluvial meander-belt reservoirs using a rule-based method / L. Colombera, N. Yan, T. McCormick-Cox, N.P. Mountney // Marine and Petroleum Geology. – 2018. – V. 93. – P. 553–569.
19. Testing scenarios on geological models: Local interface insertion in a 2D mesh and its impact on seismic wave simulation / C. Legentil, J. Pellerin, P. Cupillard, A. Froehly, G. Caumon // Computers & Geosciences. – 2022. – № 59. – P. 105–113.
20. Калинин А.Ю., Конторович В.А., Калинина Л.М. Сейсмогеологические критерии прогноза коллекторов и нефтегазоносность верхнеюрских отложений юго-востока Западной Сибири // Геология нефти и газа. – 2018. – № 3. – С. 43–47.
21. Сейсмогеологические адаптивные методы прогноза качества коллекторов и подготовки сложнопостроенных ловушек нефти и газа в верхней юре центральных и южных районов Западной Сибири (горизонт Ю₁ васюганской свиты) / В.А. Конторович, С.А. Бердникова, Л.М. Калинина, А.А. Поляков // Геология и геофизика. – 2004. – Т. 45. – № 1. – С. 79–90.
22. Конторович В.А. Моделирование волновых полей для решения задачи прогнозирования верхнеюрского разреза юга Западной Сибири // Геология нефти и газа. – 1992. – № 11. – С. 9–22.
23. Шиманский В.В., Танинская Н.В., Раевская Е.Г. Выявление структурно-литологических ловушек в юрских и нижнемеловых отложениях Западной Сибири на основе палеогеографических реконструкций // Геология нефти и газа. – 2019. – № 3. – С. 39–46.
24. Калмыков Г.А., Балушкина Н.С. Модель нефтенасыщенности порового пространства пород баженовской свиты Западной Сибири и ее использование для оценки ресурсного потенциала. – М.: ГЕОС, 2017. – 247 с.
25. Гладков Е.А. О перспективности добычи нефти из баженовской свиты в юго-восточной части Западной Сибири // Бурение и нефть. – 2016. – № 10. – С. 35–39.
26. Belozarov V.B., Baranov V.E., Dmitriev A.Y. Petroleum generation potential of bituminous mudstones in Tomsk region Bazhen Suite (Western Siberia) // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2015. – № 24. – С. 1–6.
27. Belozarov V.B., Baranov V.E., Dmitriev A.Y. Development prospects for Bazhenov formation bituminous claystones in the southeast of the West Siberian Plate (Tomsk Region) // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2015. – № 24. – С. 1–10.
28. Конторович В.А. Генерационный потенциал волжских отложений юго-востока Западной Сибири // Геология нефти и газа. – 2001. – № 1. – С. 26–32.
29. Условия формирования и методы поисков залежей нефти в аргиллитах баженовской свиты / Ф.Г. Гурари, Э.Я. Вайц, В.Н. Меленевский и др. – М.: Недра, 1988. – 99 с.

Поступила: 20.04.2023 г.

Прошла рецензирование: 23.06.2023 г.

Информация об авторах

Белозёров В.Б., доктор геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией геологии, Национальный исследовательский Томский политехнический университет.

UDC 553.982.23

STRUCTURAL AND LITHOLOGICAL TRAPS OF OIL AND GAS IN THE UPPER JURASSIC SEDIMENTS OF THE SREDNEVASYUGANSKY MEGASWELL

Vladimir B. Belozеров,
BelozеровVB@hw.tpu.ru

National Research Tomsk Polytechnic University,
30, Lenin avenue, Tomsk, 634050, Russia.

Relevance. Industrial development of oil and gas-bearing territories, on the one hand, forms a developed oil production infrastructure, and on the other, depletes its oil and gas potential, as a result of which, after a certain period of time, the created infrastructure becomes unclaimed. For its effective use, it is necessary to constantly increase the mineral resource base of the territory. As a rule, at the first stage of prospecting and exploration, deposits of hydrocarbons of a structural type are identified and, as the geological and geophysical knowledge of the territory increases, the transition to the search for hydrocarbon deposits in complex traps is carried out. Preparation of structural and lithological search objects may also include several stages, depending on the detail of the study of the territory by seismic data. An example of such an approach is the sequence of prospecting and exploration work in the sediments of the Vasyugan formation of the Kelloway-Oxford age of the Srednevasyugansky megaswell in the southeastern part of Western Siberia. At the first stage (until 1989), a number of structural and lithological traps were identified in the oil-prospective Upper Oxfordian reservoir Yu1/1 on the basis of seismogeological analysis of drilling data and wave characteristics of the time interval of seismic horizons Ila-lb, reflecting the structure of the Vasyugan formation. Subsequent exploratory drilling was carried out only within the previously discovered fields in order to prepare them for industrial development. As part of the second stage, on the basis of new seismic studies, the promising oil and gas zone associated with traps of structural-lithological type was expanded. At the same time, the criteria for predicting the development zone of the reservoir Y1/1 were justified by two-dimensional seismogeological modeling. This made it possible to compare and combine the results of the seismogeological interpretation performed at the first and second stages. In addition, the analysis of the results of deep drilling carried out during the additional exploration of fields showed the reliability of a number of forecast oil and gas zones allocated at the first stage, which implies purposeful drilling within the allocated non-anticlinal search facilities. Taking into account the developed oil production infrastructure of the territory under consideration, their development will significantly increase its hydrocarbon potential.

The object is the terrigenous deposits of the Kelloway-Oxford of the Vasyuga formation within the eastern slope of the Srednevasyugansky megaswell.

The method is two-dimensional seismogeological modeling when evaluating the forecast criteria for the development zone of the productive reservoir Yu1/1 according to seismic data.

Results. The criteria for predicting the development zone of the Yu1/1 formation are determined on the basis of two-dimensional seismogeological modeling. New non-anticline oil-prospective facilities were prepared. According to the drilling results, the productivity of a number of previously allocated oil-prospective sites was confirmed. The prospects of filling the allocated structural and lithological objects with coal-bearing plants are estimated based on the analysis of the value of the generation potential of the Bazhenov formation within the development zone of the Yu1/1 formation.

Key words:

Vasyugan formation, two-dimensional seismogeological modeling, structural and lithological trap of hydrocarbons, seismic section, generation potential of hydrocarbons of the Bazhenov formation.

REFERENCES

1. Belozеров V.B., Brylina N.A., Danenberg E.E. Perspektivy poiska lovushek neantiklinalnogo tipa v otlozheniyakh verkhney yury Srednevasyuganskogo megavala [Prospects for the search for traps of non-anticlinal type in Upper Jurassic sediments of the Srednevasyugansky megaval]. *Geologicheskoe stroenie i neftegazonosnost yugo-vostoka Zapadnoy Sibiri* [Geological structure and oil and gas potential of the south-east of Western Siberia]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 1989. pp. 107–115.
2. Lebedeva I.A., Karikh T.M., Kudamanov A.I. Conditions for the formation of supercollectors of the layers of the Yu1 horizon of the Vasyugan formation (Western Siberia). *Oil and gas geology*, 2021, vol. 16, no. 4, pp. 14–34. In Rus.
3. Belozеров V.B., Bijakov V.I., Danenberg E.E. Kriterii poiskov zalezhey nefti i gaza neantiklinalnogo tipa v zapadnoy chasti Tomskoy oblasti [Criteria for searching for oil and gas deposits of non-anticline type in the western part of the Tomsk region]. *Perspektivy neftegazonosnosti yugo-vostoka zapadnoy Sibiri* [Prospects of oil and gas potential of the south-east of Western Siberia]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 1980. pp. 101–110.
4. Alekseev V.P., Chernova O.S., Amon E.O., Valeev R.A., Lats S.A., Shcherbina E.A. Zakonomernosti sostava i stroeniya kollektorov Yu1 v Shirotnom Pribye i ego blizhnem okruzhenii (Zapadnaya Sibir) [Regularities of the composition and structure of the reservoirs of U1 in the Latitudinal Ob and its near environment (Western Siberia)]. *Lithosphere*, 2014, no. 3, pp. 51–69.
5. Kontorovich A.E., Nesterov I.I., Salmanov F.K., Surkov V.S., Trofimuk A.A., Hervier Yu.G. *Geologiya nefti i gaza Zapadnoy Sibiri* [Geology of oil and gas of Western Siberia]. Moscow, Nedra Publ., 1975. 680 p.
6. Belozеров V.B., Danenberg E.E., Ogarkov A.M. Osobennosti stroeniya vasyuganskoy svity v svyazi s poiskom zalezhey nefti v lovushkakh neantiklinalnogo tipa [Features of the structure of the Vasyugan formation in connection with the search for oil deposits in traps of non-anticline type]. *Perspektivy neftegazonosnosti yugo-vostoka Zapadnoy Sibiri* [Prospects of oil and gas potential of the South-east of Western Siberia]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 1980. pp. 92–101.
7. Khromovskikh A.Yu. The main mechanisms and factors of formation of the Upper Jurassic hydrocarbon deposits of the Kaimysovsky arch (Tomsk region). *Oil economy*, 2013, no. 1, pp. 28–32. In Rus
8. Othmana A.A.A., Fathya M., Maherb A. Use of spectral decomposition technique for delineation of channels at Solar gas discovery, offshore West Nile Delta, Egypt. *Egyptian Journal of Petroleum*, 2016, no. 25, pp. 45–51.
9. Rodriguez J.M. Spectral decomposition and inversion: case study of a production area in the cook inlet basin Alaska, USA, Houston. *Faculty of the Department of Earth and Atmospheric Sciences University*, 2009, 89 p.

10. Johann P., Ragagnin G., Spínola M. Spectral decomposition reveals geological hidden features in the amplitude maps from a deep water reservoir in the campos basin. Technical Program Expanded Abstracts: Society of Exploration Geophysicist. *SEG*, 2003, pp. 1740–1743.
11. Chopra S., Pickford S. Integrating coherence cube imaging and seismic attributes. *SEG*, 2001, vol. 26, no. 10, pp. 20–22.
12. Shtivelman V., Land E., Gelchinsky B. Phase and group time section and possibilities for their use in seismic interpretation of complex media. *Geophysical Prospecting*, 1986, vol. 34, no. 4, pp. 508–536.
13. Xing L., Aarre V., Barnes A.E., Theoharis T., Salman N., Tjaland E. Seismic attribute benchmarking on instantaneous frequency. *GEOPHYSICS*, 2019, vol. 84, no. 3, pp. 63–75.
14. Unyithya J.M., Ehirim C.N., Dagogo T. Seismic amplitudes and spectral attribute analysis in reservoir characterisation, 'MUN' on-shore Niger delta field. *Petrol Explor Prod Technol*, 2020, no. 10, pp. 2257–2267.
15. Kidney R.L., Silver R.S., Hussein H.A. 3-D seismic mapping and amplitude analysis: A Gulf of Mexico case history. *Energy Exploration & Exploitation*, 1992, vol. 10, no. 4/5, pp. 259–280.
16. Li S., Rao Y. Seismic low-frequency amplitude analysis for identifying gas reservoirs within thinly layered media. *Journal of Geophysics and Engineering*, 2020, vol. 17, no. 1, pp. 175–188.
17. Yong H., Xinghe Y., Shengli L., Gongyang C., Yanli Z., Zhaopu G. Improving the accuracy of geological model by using seismic forward and inverse techniques. *Petroleum Exploration and Development*, 2014, vol.41, no. 2, pp. 208–216.
18. Colombera L., Yan N., McCormick-Cox T., Mountney N.P. Seismic-driven geocellular modeling of fluvial meander-belt reservoirs using a rule-based method. *Marine and Petroleum Geology*, 2018, vol. 93, pp. 553–569.
19. Legentil C., Pellerin J., Cupillard P., Froehly A., Caumon G. Testing scenarios on geological models: local interface insertion in a 2D mesh and its impact on seismic wave simulation. *Computers & Geosciences*, 2022, no. 59, pp. 105–113.
20. Kalinin A.Yu., Kontorovich V.A., Kalinina L.M. Seismogeological criteria for reservoir prediction and oil and gas potential of Upper Jurassic deposits of the south-east of Western Siberia. *Geology of oil and gas*, 2018, no. 3, pp. 43–47. In Rus.
21. Kalinin A.Yu., Kontorovich V.A., Kalinina L.M. Seismogeological criteria for reservoir prediction and oil and gas potential of Upper Jurassic deposits of the south-east of Western Siberia. *Geology of oil and gas*, 2018, no. 3, pp. 43–47. In Rus.
22. Kontorovich V.A. Modeling of wave fields for solving the forecasting problem of the Upper Jurassic section of the south of Western Siberia. *Geology of oil and gas*, 1992, no. 11, pp. 9–22. In Rus.
23. Shimansky V.V., Taninskaya N.V., Raevskaya E.G. Identification of structural and lithological traps in Jurassic and Lower Cretaceous deposits of Western Siberia based on paleogeographic reconstructions. *Geology of oil and gas*, 2019, no. 3, pp. 39–46. In Rus.
24. Kalmykov G.A., Balushkina N.S. *Model neftenasyszhennosti porovogo prostranstva porod bazhenovskoy svity Zapadnoy Sibiri i ee ispolzovanie dlya otsenki resursnogo potentsiala* [A model of oil saturation of the pore space of rocks of the Bazhenov formation of Western Siberia and its use for assessing the resource potential]. Moscow, GEOS Publ., 2017. 247 p.
25. Gladkov E.A. On the prospects of oil production from the Bazhenov formation in the south-eastern part of Western Siberia. *Drilling and oil*, 2016, no. 10, pp. 35–39. In Rus.
26. Belozеров V.B., Baranov V.E., Dmitriev A.Y. Petroleum generation potential of bituminous mudstones in Tomsk region Bazhen Suite (Western Siberia). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2015, no. 24, pp. 1–6.
27. Belozеров V.B., Baranov V.E., Dmitriev A.Y. Development prospects for Bazhenov formation bituminous claystones in the south-east of the West Siberian Plate (Tomsk Region). *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 2015, no. 24, pp. 1–10.
28. Kontorovich V.A. Generation potential of the Volga deposits of the south-east of Western Siberia. *Geology of oil and gas*, 2001, no. 1, pp. 26–32. In Rus.
29. Gurari F.G., Weitz E.Ya., Melenevsky V.N. *Usloviya formirovaniya i metody poiskov zalezhey nefii v argillitakh bazhenovskoy svity* [Conditions of formation and methods of searching for oil deposits in mudstones of the Bazhenov formation]. Moscow, Nedra Publ., 1988. 99 p.

Received: 20 April 2023.

Reviewed: 23 June 2023.

Information about the authors

Vladimir B. Belozеров, Dr. Sc., head of the Geology Laboratory, National Research Tomsk Polytechnic University.