

УДК 550.832

## ВЫЯВЛЕНИЕ И ДЕТАЛИЗАЦИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ОБЪЕКТОВ В ЕНИСЕЙ-ХАТАНГСКОЙ И ГЫДАНСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНЫХ ОБЛАСТЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПЛАСТОВОЙ ИНВЕРСИИ ДАННЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ

© 2017 г. | А.П. Афанасенков<sup>1,2</sup>, М.Т. Бондаренко<sup>1</sup>, И.К. Кондратьев<sup>1</sup>, А.Н. Обухов<sup>1</sup>, Ю.М. Киссин<sup>1</sup><sup>1</sup>ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт», Москва, Россия; bondarenko@vnigni.ru; ikkon@vnigni.ru; obukhov@vnigni.ru; kissin@vnigni.ru;<sup>2</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия; apa1954@yandex.ru

## IDENTIFICATION AND DETAILED STUDY OF HC PROSPECTS IN THE YENISEI-KHATANGSKAYA AND GYDANSKAYA OIL AND GAS AREAS USING STRATUM INVERSION OF SEISMIC DATA

© 2017 | A.P. Afanasev<sup>1,2</sup>, M.T. Bondarenko<sup>1</sup>, I.K. Kondratyev<sup>1</sup>, A.N. Obukhov<sup>1</sup>, Yu.M. Kissin<sup>1</sup><sup>1</sup>FGBU "All-Russian Research Geological Oil Institute", Moscow, Russia; bondarenko@vnigni.ru; ikkon@vnigni.ru; obukhov@vnigni.ru; kissin@vnigni.ru;<sup>2</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia; apa1954@yandex.ru

Поступила 08.06.2017 г.

Принята к печати 15.09.2017 г.

**Ключевые слова:** *Енисей-Хатангская и Гыданская нефтегазоносные области; глубокие разведочные и параметрические скважины; пластовая акустическая инверсия; сейсморазведка.*

На реальных примерах показана эффективность применения пластовой акустической инверсии данных сейсморазведки для поисков и детализации перспективных структур под параметрическое и глубокое разведочное бурение в юрско-меловых отложениях на территории Енисей-Хатангской и Гыданской нефтегазоносных областей. Показаны результаты работы системы оптимизационной технологии динамической интерпретации в районе Рассохинского и Балахнинского мегавалов, а также в районе Утреннего месторождения на севере Гыданского полуострова. Система позволяет с высокой точностью определять акустические свойства целевых пластов (пластовую скорость и/или акустическую жесткость) при малом числе скважин с данными акустического каротажа на региональном этапе геолого-разведочных работ с редкой сетью глубоких скважин. Данные оптимизационной технологии динамической интерпретации использованы при детализации мест, перспективных для заложения параметрических и глубоких разведочных скважин.

Received 08.06.2017

Accepted for publishing 15.09.2017

**Key words:** *Yenisei-Khatangskaya and Gydanskaya oil and gas bearing areas; parametric and deep exploration drilling; acoustic stratum inversion; seismic.*

The frontier areas of the Siberian platform northern margins, especially the Yenisei-Khatangskaya and Gydanskaya oil-and-gas areas, became the scene of intensive activity within the governmental program in recent years. Over 20 thousand km of seismic lines have been shot and interpreted, which permitted to update and expand bank of structural maps, carry out HC resource potential re-evaluation, identify prospects and to pinpoint sites for parametrical and exploration/assessment drilling. Some innovative technologies were successfully applied for solving these problems, including the detailed interpretation of seismic data based on the stratum acoustic inversion by means of optimization of the dynamic interpretation technology. The system work results in the region of the Rassokhinsk and Balakhninsk mega-swells within the Yenisei-Khatanga regional deep, as well as in the vicinity of the Utrenneye field in the North of the Gydansk Peninsula are demonstrated. The obtained seismic-acoustic sections (sections of stratum velocities) incorporate deposits of the Jurassic – Cretaceous terrigenous sequence. On these sections reservoir beds are identified as follows: sandy reservoirs in the Tanopchinsk and Nizhnekhetsk oil-bearing suites of the Lower Cretaceous, and promising reservoir beds in the Malyshevsk, Vymsk and Sharapovsk suites of the Jurassic. The presented data of the optimized technology of dynamic interpretation was used in the detailed study of zones and sites suitable for locating parametric and deep exploration wells.

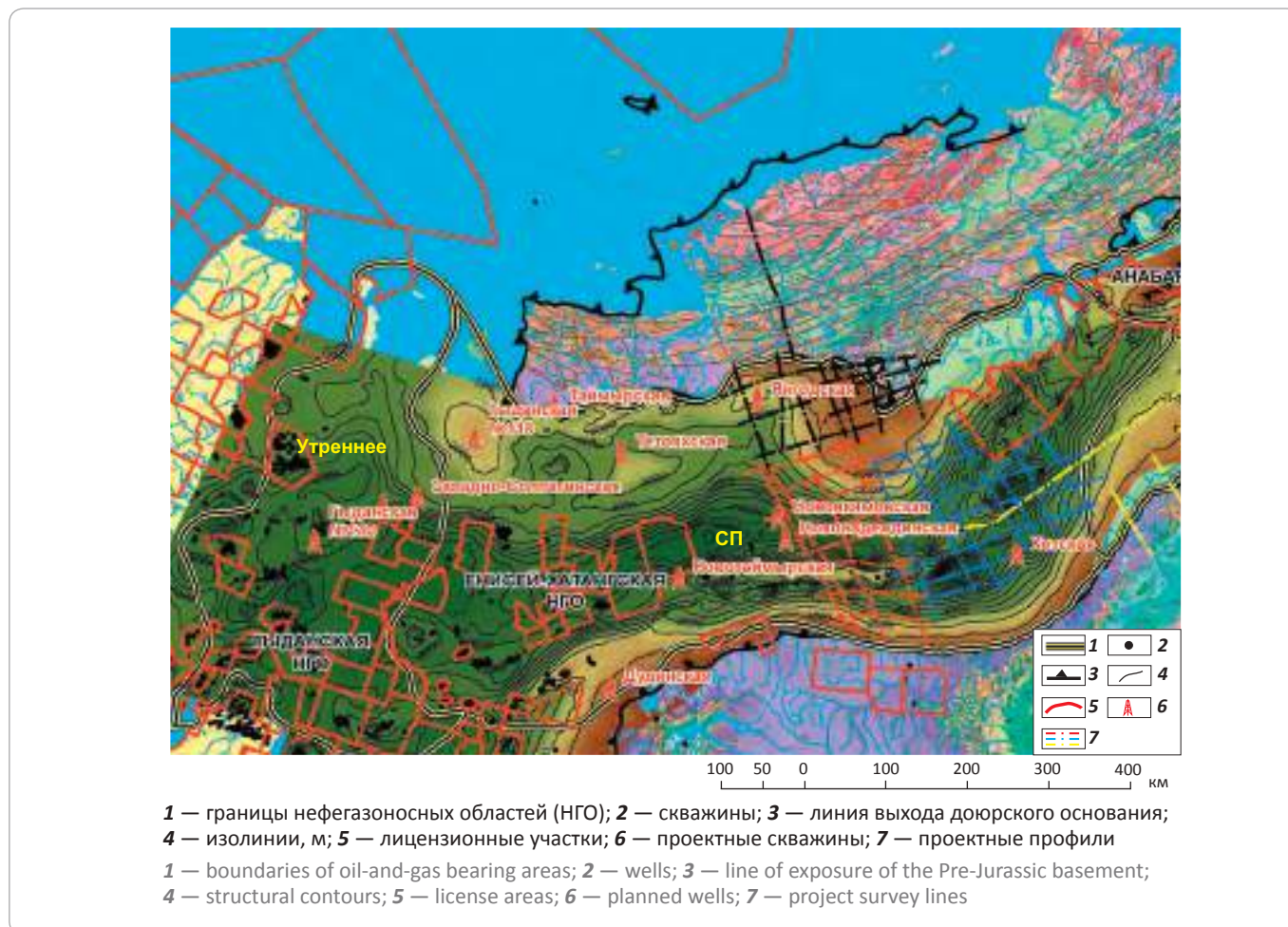
В последние годы исследование слабоизученных территорий северного обрамления Сибирской платформы получило новое развитие [4, 7, 8]. Отработано и проинтерпретировано более 20 тыс. км сейсмических профилей, что позволило существенно уплотнить сеть в ранее изученных районах и включить в общую систему разведки региона обширные территории «белых пятен». Эти масштабные работы способство-

вали обновлению и расширению банка структурных карт, проведению оценки ресурсного потенциала и выделению объектов для параметрического и поисково-разведочного бурения. Работы будут продолжены по сети проектных профилей (рис. 1).

При решении этих задач в числе ряда инновационных технологий успешно применялась углубленная интерпретация сейсморазведки способом пластовой

## GEOPHYSICAL SURVEYS

**Рис. 1.** Участок структурной карты по кровле палеозоя с проектными скважинами  
**Fig. 1.** Fragment of structural map on the Paleozoic top surface with planned wells



акустической инверсии при помощи отечественной оптимизационной технологии динамической интерпретации (ОТДИ) [6], обладающей наличием следующих преимуществ, отличающих ее от используемых на практике аналогов:

1) повышение качества обработки сейсмических временных разрезов за счет дополнительных процедур;

2) уникальная программа пластовой акустической инверсии (ПАИ), входящая в ОТДИ, позволяющая получать разрезы акустических импедансов  $I_p(x, t)$  (или пластовых скоростей  $V_p$  при отсутствии данных об объемной плотности пород) с минимальной временной мощностью пластов, соответствующей реальной разрешающей способности сейсморазведки в конкретных сейсмогеологических условиях: это позволяет с высокой точностью определять акустические свойства целевых пластов [5];

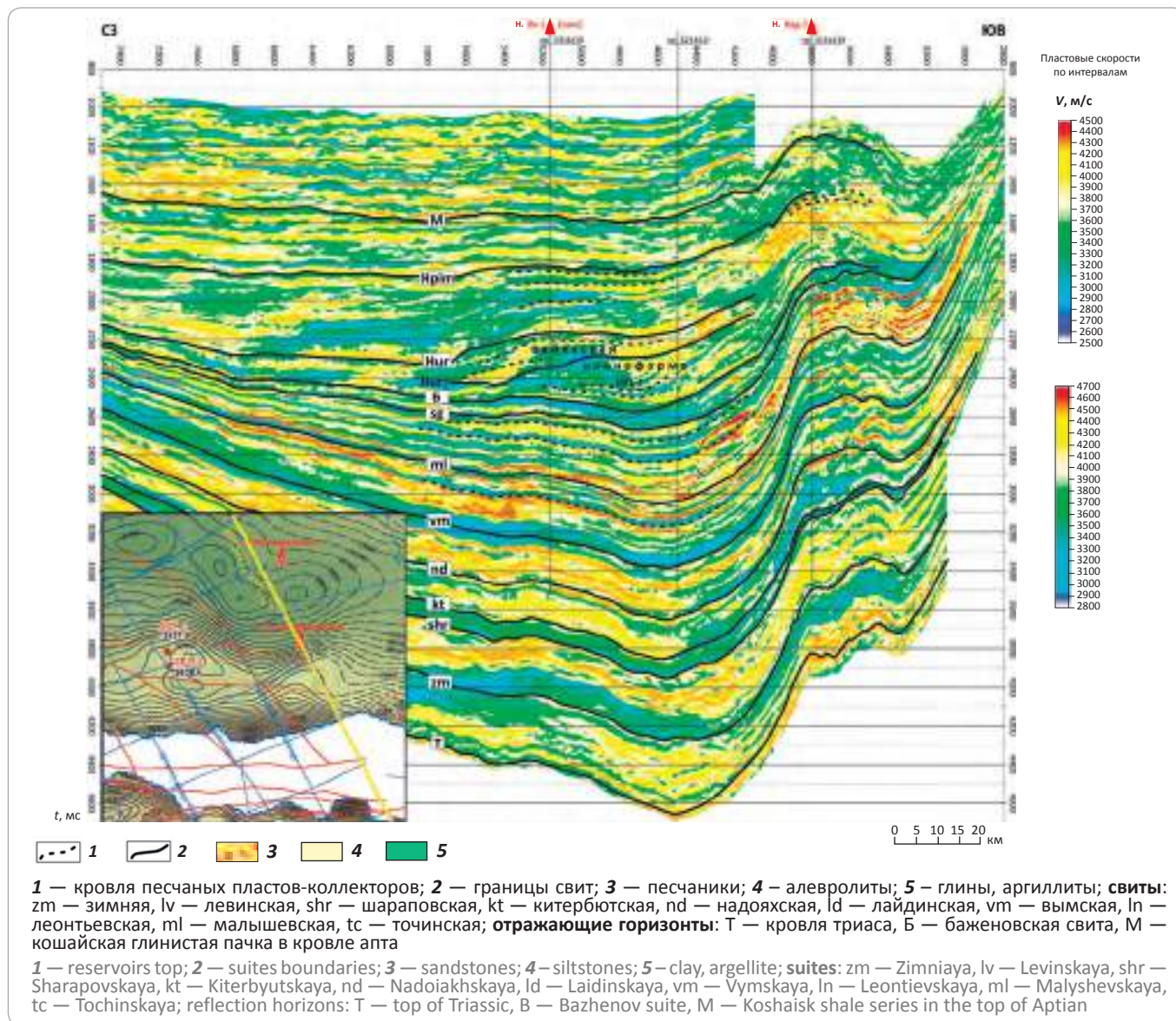
3) оригинальный способ регуляризации ПАИ путем задания диапазонов изменения импедансов

$I_p$  в реперных пластах и межреперном пространстве дает возможность надежно оценивать акустические свойства слоев при удалении до десятков, а в благоприятных случаях — и сотен километров от опорных скважин. Это важно при обработке сейсмических материалов на больших площадях, на которых имеется, как правило, малое число скважин с данными АК, а также на региональном этапе геолого-разведочных работ с редкой сетью глубоких скважин.

На территории Гыданской, Енисей-Хатангской, Анабаро-Хатангской и Лено-Анабарской НГО, от устья р. Оби до дельты р. Лены, протягивается система кулисообразных валов (Обско-Лаптевская гряда, по В.А. Балдину [3]), в которой центральное место занимают Рассохинский и Балахинский мегавалы [1, 2, 9, 10]. Поискное бурение в 1970-х гг. начиналось в регионе с крупных валов и поднятий. Сейчас, после бурения десятков глубоких скважин, стало ясно, что своды валов заглинизированы, тектонически нарушены, залежи в них рассеяны. Вскрытый на сводах



**Рис. 2.** Фрагмент сейсмоакустического разреза по профилю (6213-0314)421 в районе заложения скв. Новонадеждинская  
**Fig. 2.** Fragment of seismic-acoustic section in the vicinity of Well Novonadezhdinskaya for Line (6213-0314)421



разрез характеризуется глинизацией и выклиниванием пластов, отсутствием в них коллекторов. Согласно новому поисковому тренду, песчаные ловушки приурочены преимущественно к периферии и структурам обрамления крупных валов — к их северо-восточному и юго-западному склонам, зонам сочленения, террасам, структурным носам, периклиналям.

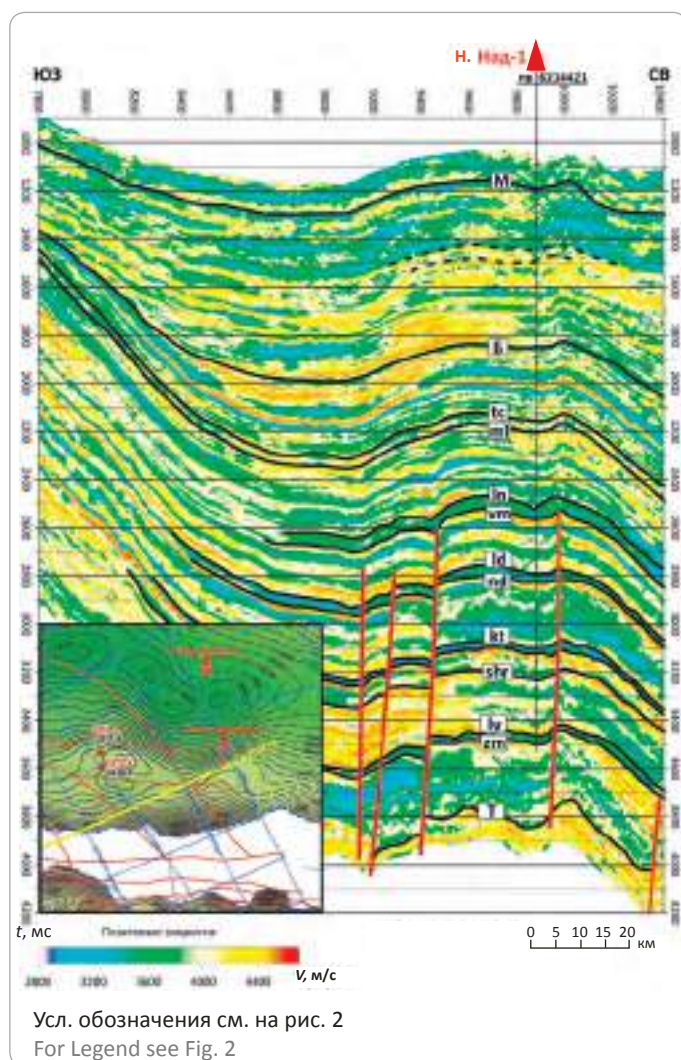
Рассмотрим результаты применения системы ОТДИ при детализации объектов, намеченных для глубокого параметрического и разведочного бурения по обновленной сети сейсмических профилей, в зоне обрамления Рассохинского вала (см. рис. 1). На северном склоне Рассохинского вала на пересечении сейсмопрофилей (6213-0314)421 и 6214418

расположена обширная терраса, приуроченная к юрско-меловому комплексу отложений. На структурной карте по кровле яновстанской свиты (рис. 2, врезка) ей соответствует зона разрежения изогипс. Размеры этой положительной структуры (ранее известной как Новонадеждинский объект) — 50 × 35 км при амплитуде по отдельным пластам 150–200 м.

Сейсмоакустические разрезы по профилям, контролирующим структуру, приведены на рис. 2, 3. На профиле (6213-0314)421 видно, что от северного склона Рассохинского вала она отделена локальным прогибом, а от крутого падения в Агапский прогиб — восточным окончанием Танамо-Курьинского разлома, которому в этом месте соответствует флексура

## GEOPHYSICAL SURVEYS

**Рис. 3.** Фрагмент сейсмоакустического разреза по профилю 6214418 в районе заложения скважины Новонадеждинская  
**Fig. 3.** Fragment of seismic-acoustic section in the vicinity of Well Novonadezhdinskaya for Line 6214418



с существенным утонением слагающих разрез пластов. Размеры возможной ловушки вдоль профиля составляют 35 км.

Коллекторы и покрышки в различных интервалах юрско-меловых отложений разнообразны. Пластовая инверсия позволяет получить представление о литолого-физических свойствах пластов. Коллекторы, традиционно приуроченные к подошвенной части сиговской свиты (желтый цвет, соответствующий высокой пластовой скорости), имеют надежную глинистую покрышку из яновстанских глин (зеленый цвет), а у залегающих ниже песчаников малышевской свиты покрышка менее надежная, так как отложения точинской свиты в пределах структуры опесчанены (см. рис. 2). Отложения вымской свиты с тремя мощными пластами песчаников имеют надежную покрышку из глинистых отложений

леонтьевской свиты. Коллекторы надояхской свиты маломощные, свита довольно глинистая (кроме прикровельного пласта-коллектора, залегающего под мощными глинами лайдинской свиты). Песчанистая пачка шараповской свиты, традиционно состоящая из трех мощных пластов-коллекторов, перекрыта покрышкой из плотных глин китербютской свиты, являющейся региональным репером. Отложения зимней свиты в пределах структуры заглинизированы. Таким образом, наиболее перспективными коллекторами юрского возраста можно считать песчаные пласты вымской, а также сиговской и шараповской свит (см. рис. 2, 3).

Отложения мела представляют собой чередование песчаных и глинистых разностей, однако в неокомском надъярусе отсутствуют клиноформы, с которыми принято связывать продуктивность нижнехетской свиты. Залегающие выше по разрезу отложения танопчинской свиты характеризуются высокой песчанистостью (см. рис. 2, 3).

На рис. 3 приведен сейсмоакустический разрез по профилю 6214418, который на трассе 9880 пересекается с предыдущим. С северо-востока ловушка ограничена гипсометрически, а с юго-запада — системой оперяющих разломов со значительными смещениями в нижней юре, которые могут служить экранами. Размеры ловушки вдоль профиля составляют около 50 км. В отношении коллекторов и покрышек этот разрез не противоречит предыдущему.

По представленным материалам видно, что исследуемая точка пересечения профилей приурочена к структуре, в пределах которой кровля юрских отложений расположена примерно на 1500 м выше, чем проектная параметрическая скв. Новоякимовская-1 (см. рис. 1; врезки на рис. 2, 3). Таким образом, при намеченной глубине 5000 м параметрической скв. Новонадеждинская в этом районе будут вскрыты отложения не только надояхской, но также шараповской и, вероятно, зимней свит. В то же время на приведенных разрезах в нижнехетских отложениях видно замещение традиционно перспективных клиноформ, однако имеется антиклинальная структура по кровле танопчинской свиты. По совокупности этих данных, учитывая размеры структуры, ее можно классифицировать как место заложения глубокой скважины в районе восточного замыкания Агапского прогиба, альтернативной параметрической скв. Новоякимовская-1.

Построенные ранее структурные карты довольно приблизительно отражали гипсометрию изображаемых поверхностей, в связи с чем уплотнение сети профилей в районе Рассохинского вала оказалось очень полезным. Речь идет о Средне-Пясинской структуре, расположенной на обширной террасе северного склона Рассохинского вала. Пробуренные



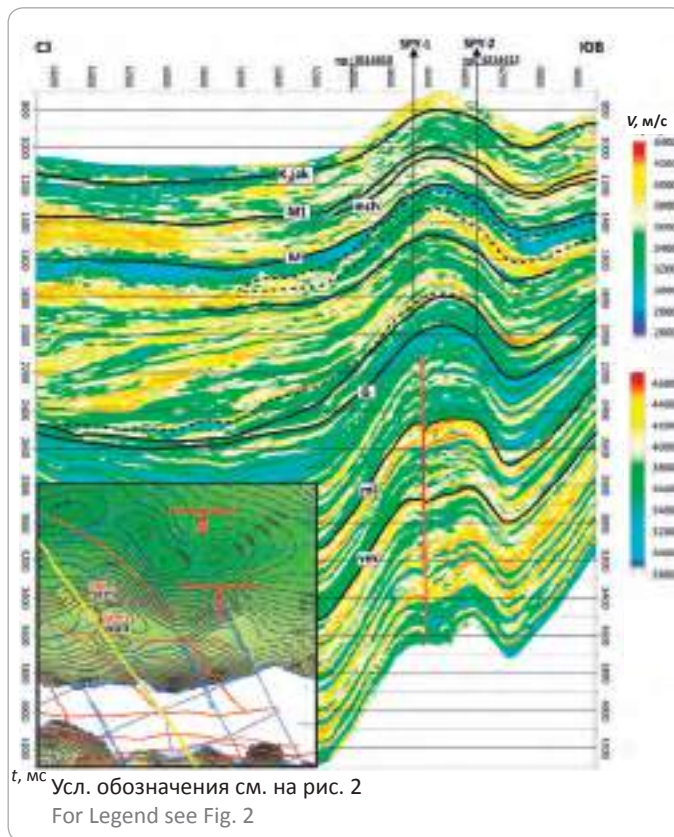
здесь до гольчихинской свиты скважины Средне-Пясинская-1, 2 по современному структурному плану расположены в стороне от локальных куполов (рис. 4, врезка; см. рис. 1). Это хорошо видно также на сейсмоакустических разрезах по профилям (621)0117-3117 (см. рис. 4) и 6214412, контролирующим структуру. В то же время из вскрытых скв. СПУ-1 нижнехетских песчаников получен приток газа 2 тыс. м<sup>3</sup>/сут, хотя отметка интервала испытаний залежи по уточненным картам на 100 м ниже сводовой части целевого пласта. Средне-Пясинская структура является неразведанной еще и потому, что локальные купола с амплитудой < 300 м выявлены также в отложениях юры (см. рис. 4). На сейсмоакустическом разрезе прослеживается высокое содержание песчаников в пределах структуры в малышевском, вымском и надояхском пластах-коллекторах, которые будут вскрыты при бурении скважины глубиной 4500 м. Размеры ловушки составляют 25×30 км.

Характерными особенностями зон северного обрамления Рассохинского вала являются максимальные мощности меловых толщ и клиноформное строение нижнемелового комплекса. В его краевых частях по всему периметру установлены типичные погружения клиноформных тел, за счет чего по неокомским уровням разреза выделяется общее крупное поднятие, осложненное серией локальных антиклинальных форм. В районе Рассохинского вала клиноформное строение нижнехетского горизонта установлено на северо-западном склоне вала и его западной периклинали, в обрамлении Агапского мегапрогиба, в зоне сочленения Рассохинского и Мессояхского валов. Наиболее крупное месторождение нефти на территории Енисей-Хатангского регионального прогиба — Пайяхское — приурочено к нижнехетскому клиноформному комплексу, с ним же связаны другие месторождения газа и конденсата и нефтегазопрооявления. В то же время южная прибортовая часть Енисей-Хатангского регионального прогиба в целом, особенно Дудыптынский и Боганидско-Жданихинский прогибы, являются малоизученными. К ним приурочена зона выклинивания юрско-неокомских песчаных горизонтов на южных склонах Рассохинского, Тундрового, Волочанского, Балахнинского валов (см. рис. 1). Эти зоны выклинивания могут служить структурным экраном залежей УВ.

По новым сейсмическим данным в Боганидско-Жданихинском прогибе впервые выявлен неокомский клиноформный комплекс, который до этого картировался только в северной системе прогибов. Теперь установлено, что неокомские клиноформы пересекают Обско-Лаптевскую гряду в месте перемычки Рассохинского и Балахнинского мегавалов. Клиноформный объект обнаружен на юго-восточном борту Жданихинского прогиба, в начале по-

Рис. 4. Фрагмент сейсмоакустического разреза по профилю (621)0117-3117, контролирующему Средне-Пясинскую структуру

Fig. 4. Fragment of seismic-acoustic section in the vicinity of Well Novonadezhdinskaya for Line 6214418

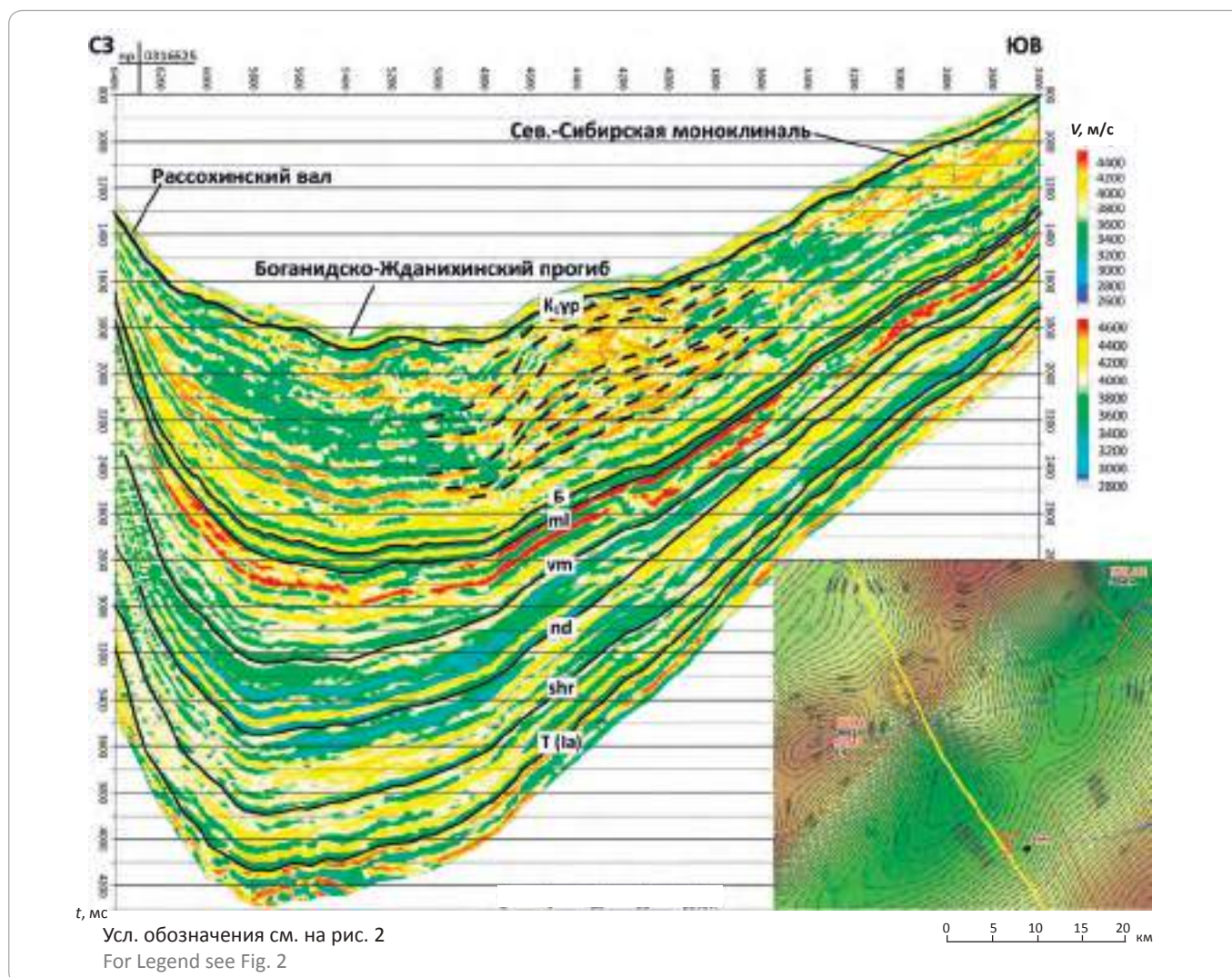


логого подъема пластов юрско-меловой осадочной толщи на Северо-Сибирскую моноклиаль (рис. 5, врезка; см. рис. 1). Здесь, на трассе 4200–4700 профиля 0116624, отмечается характерное клиноформное залегание пластов нижнехетской свиты (nch) неокома, которое особенно четко проявляется на сейсмоакустическом разрезе (см. рис. 5). Клиноформа, состоящая из нескольких песчаных пластов, ограничена в кровле урьевской свиты глинистой пачкой K<sub>ур</sub>, а в подошве — отложениями гольчихинской свиты Б верхней юры. С северо-запада происходит крутой подъем пластов на южный борт Курьинского куполовидного поднятия, осложненный региональным разломом, сопровождаемым утонением и выклиниванием пластов. Мощность клиноформного комплекса составляет около 700 м, а его протяженность — 20 км. Учитывая малую степень изученности южной прибортовой зоны Енисей-Хатангского регионального прогиба и полное отсутствие здесь данных бурения, в этой перспективной зоне целесообразно заложение глубокой поисково-разведочной скважины. При проектной глубине 5000 м эта скважина вскрыет отложения юры мощностью до 2500 м, и, в зависимости от конкретной точки заложения, — кровлю триасового комплекса.

## GЕOPHYSICAL SURVEYS

Рис. 5. Нижнехетская клиноформа на борту Боганидско-Жданихинского прогиба. Фрагмент сейсмоакустического разреза по профилю 0116624

Fig. 5. Nizhnehetskaya clinoform on the flank of Boganidsk-Zhdanikhinskiy deep. Seismic-acoustic section fragment for Line 0116624



Пластовая акустическая инверсия с помощью ОТДИ применялась также при изучении перспективных объектов на территории Гыданской НГО (см. рис. 1), которая в настоящее время исследована крайне неравномерно. Северная и восточная части региона бурением почти не охарактеризованы, а немногочисленные скважины вскрыли только отложения нижнего мела (валанжин). Отложения юры вскрыты в западной части территории восемью скважинами, в том числе нижнеюрские отложения — тремя: Штормовая-122, Тота-Яхинская-25 и Гыданская-130 (параметрическая). Отложения триаса и палеозоя на всей территории Гыдана в настоящее время не вскрыты.

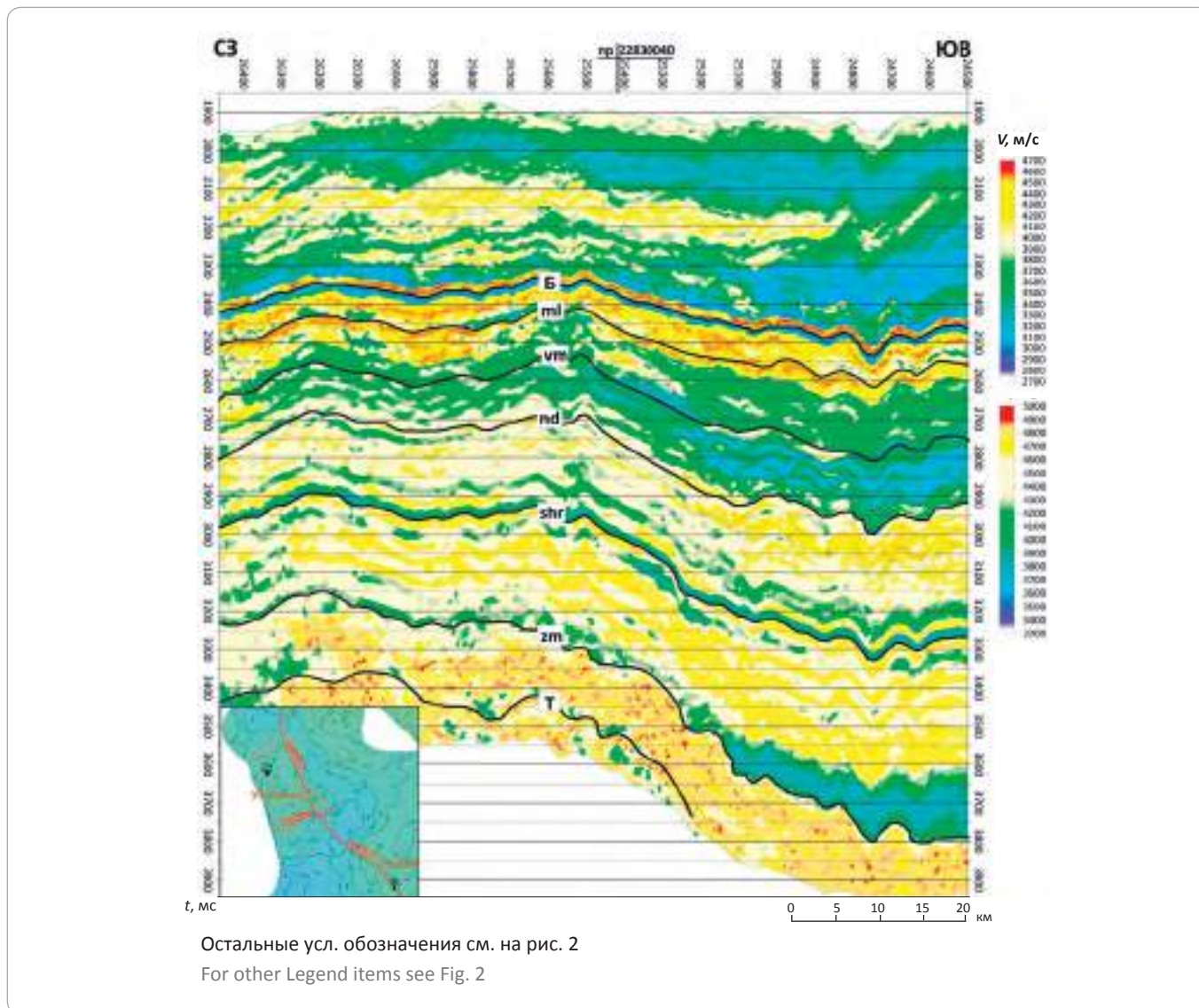
Нижне-среднеюрские осадочные образования представлены чередованием крупных толщ морских фаций песчано-алевритового и/или глинистого со-

става, обособленных в стратиграфические единицы — свиты: зимнюю, левинскую, шараповскую, китербютскую, надояхскую, лайдинскую, вымскую, леонтьевскую, малышевскую. Нефтегазоносность юрских песчано-алевритовых свит доказана на п-ве Ямал. Общая палеогеографическая обстановка в юрское время двух сопредельных северных районов позволяет положительно оценить перспективы нефтегазоносности нижне-среднеюрских отложений Гыданского полуострова. Верхнеюрские осадочные отложения преимущественно глинистые и представляют надежную покрывку для возможных залежей в средней юре.

Отложения мелового возраста изучены лучше — они вскрыты многочисленными скважинами (> 150), в которых известны перспективные горизонты. Открыты и разрабатываются месторождения УВ, при-



**Рис. 6.** Юрские отложения Утренней структуры на фрагменте сейсмоакустического разреза по профилю 4483015  
**Fig. 6.** Jurassic deposits of the Utrenniaya structure on a seismic-acoustic section fragment for Line 4483015



уроченные к песчаным коллекторам танопчинской свиты и неомомского клиноформного комплекса. Наиболее известными из них являются Геофизическое и Утреннее (Салмановское).

На рис. 6 представлены малоизученные юрские отложения на сейсмоакустическом разрезе по профилю 4483015, пересекающему Утреннюю структуру вдоль ее восточного крыла. На врезке показан ее замкнутый контур на структурной карте по кровле мальшевского горизонта. На разрезе видно постепенное увеличение мощности юрских горизонтов по падению на юго-запад в Тадибеяхинский прогиб. Юрские отложения большей частью сложены песчаниками и алевролитами, однако мальшевский и особенно вымский горизонты более глинистые, а на

южном окончании разреза заглинизированы. В мальшевском горизонте более песчанистой является кровля, что косвенно подтвердилось при бурении параметрической скв. Гыданская-130. С позиций нефтегазоносности наиболее перспективен шараповский горизонт. При общей мощности около 300 м он представлен набором 2–3 мощных (до 50 м каждый) песчаных слоев, поэтому его песчанистость в пределах структуры близка к 0,3, а по мере падения в прогиб возрастает. Четко выражена достаточно мощная покрывка — китербютская глина, прослеженная зеленым цветом. Зимний горизонт также состоит в основном из песчаников, но в южной части разреза они более высокоскоростные (около 4500 м/с) и, следовательно, более плотные. В северной части данного разреза зимний горизонт не имеет покрывки.

На рис. 2–5 показаны юрские отложения вдоль отдельных профилей в пределах расположенной, расположенной восточнее Енисей-Хатангской НГО. Кроме того, в процессе оценки ресурсов было проведено обобщение литофизических характеристик песчаных горизонтов юры по данным сейсморазведки в пределах западной и центральной частей Енисей-Хатангского регионального прогиба вдоль северного склона Рассохинского вала. Здесь также отмечены высокие коллекторские свойства шараповского горизонта (общая мощность 200–300 м, песчаность близка к 0,4). Поэтому приведенные прогнозные характеристики шараповского горизонта в пределах Утренней структуры представляются реальными. В то же время вскрывшие шараповский горизонт скважины, расположенные на юге Енисей-Хатангского регионального прогиба (Тампейская, Зимние, Семеновская, Малохетская, Долганские), показывают утонение шараповского горизонта до 50–100 м, сопровождающееся уменьшением песчаности до 0,1. Очевидно, это связано с расположением скважин в сводах структур.

## Выводы

Анализ материалов бурения и сейсморазведки в районе Рассохинского мегавала показал, что нефтегазоперспективные ловушки приурочены не к сводам поднятий, а к обрамляющим их структурным элементами — склонам, террасам, периклиналям, структурным носам.

При детализации мест, перспективных для заложения параметрических и глубоких разведочных скважин, весьма эффективна пластовая акустическая инверсия данных сейсморазведки, входящая в систему ОТДИ и позволяющая получить представление о литофизических свойствах пластов.

Наиболее перспективными направлениями геолого-разведочных работ с применением технологии ОТДИ являются юрский терригенный комплекс северо-востока Гыдана и бортовые зоны Рассохинского и Балахнинского валов, а также неокомский клиноформный комплекс Агапского и Боганидско-Жданихинского прогибов.

## Литература / References

1. Афанасенков А.П., Обухов А.Н., Каламкар С.Л., Чикишев А.А., Любаев Р.Р. Новая тектоническая модель Енисей-Хатангского регионального прогиба // Тектоника современных и древних океанов и их окраин: материалы XLIX Тектонического совещания, посвященного 110-летию академика Ю.М. Пушаровского. – Т. 1. – М.: ГЕОС, 2017. – С. 12–15.
2. Афанасенков А.П., Лыгин И.В., Обухов А.Н., Соколова Т.Б., Кузнецов К.М. Объемная реконструкция тектонических элементов Енисей-Хатангской рифтовой системы по результатам комплексной геолого-геофизической интерпретации // Геофизика. – 2017. – № 2. – С. 60–68.
3. Балдин В.А., Кунин К.Н., Кунин Н.Я. Новые представления о строении и генезисе диагональной системы мегавалов в Енисей-Хатангском региональном прогибе // Геология нефти и газа. – 1997. – № 3. – С. 26–34.
4. Бро Е.Г. Коллекторы и покрывки в юрско-меловом разрезе // Геология и нефтегазоносность Енисей-Хатангского прогиба. – Л.: Изд-во НИИГА, 1971. – С. 40–53.
5. Кондратьев И.К., Лисицын П.А., Киссин Ю.М. Детальность и точность решений в задаче сейсмической волновой инверсии // Геофизика. – 2005. – № 3. – С. 19–25.
6. Кондратьев И.К., Рыжков В.И., Бондаренко М.Т., Лапина Е.В. Эффективность прогнозирования коллекторов способами динамической интерпретации в Восточной Сибири // Технологии сейсморазведки. – 2010. – № 4. – С. 26–34.
7. Конторович А.Э., Гребенюк В.В., Кузнецов Л.Л. и др. Нефтегазоносные бассейны и регионы Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1944. – 71 с.



8. *Конторович В.А.* Тектоника и нефтегазоносность западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба // Геология и геофизика. – 2011. – Т. 52. – № 8. – С. 1027–1050.

*Kontorovich V.A.* Tectonics and oil-and-gas potential of the western part of the Yenisei-Khatanga regional deep. *Geologiya i geofizika*. 2011;52(8):1027–1050.

9. *Унгер А.В., Никишин А.М., Кузляпина М.А., Афанасенков А.П.* История формирования инверсионных мегавалов Енисей-Хатангского бассейна // Вестник МГУ. Серия 4: Геология. – 2017. – № 2. – С. 8–12.

*Unger A.W., Nikishin A.M., Kuzliapina M.A., Afanasenkov A.P.* History of formation of the inversion mega-swells in the Yenisei-Khatanga basin. *MGU Bulletin, Series 4: Geology*. 2017(2):8–12.

10. *Afanasenkov A.P., Nikishin A.M., Unger A.V., Bordunov S.I., Lugovaya O.V., Chikisev A.A., Yakovishina E.V.* The Tectonics and Stages of the Geological History of the Yenisei-Khatanga Basin and the Conjugate Taimyr Orogen. *Geotectonika*. 2016;50(2):161–168.

*Unger A.W., Nikishin A.M., Kuzliapina M.A., Afanasenkov A.P.* History of formation of the inversion mega-swells in the Yenisei-Khatanga basin. *MGU Bulletin, Series 4: Geology*. 2017(2):8–12.

Обнажение по р. Енисей, 2015 г.  
The Yenisei river outcrops, 2015

