



О ВОЗМОЖНОСТИ УВЕЛИЧЕНИЯ РЕСУРСОВ УВ СЫРЬЯ В ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

П. Н. Соболев, А. И. Сурнин

Сибирский НИИ геологии, геофизики и минерального сырья, Новосибирск, Россия.

Приводятся результаты геолого-разведочных работ, выполненных в 2016–2018 гг. на Синской площади, расположенной на смежной территории Вилюйской синеклизы и Алданской антеклизы. По комплексу геохимических и сейсморазведочных работ в северной части площади обосновывается выделение прогнозных зон нефтегазоаккумуляции. Прогнозные зоны выделяются на участке сокращенных толщин и выклинивания пермских и триасовых отложений. Учитывая характер вариаций концентраций УВ компонентов, сорбированных подпочвенными отложениями, предполагается преимущественно газоконденсатное состояние УВ флюидов. Появление нефтяной фазы прогнозируется для южной перспективной зоны. На основании прогнозных построений и результатов выполненных работ даются рекомендации по размещению параметрического бурения и по выделению лицензионных участков для последующих геолого-разведочных работ. Приводятся прогнозные оценки ресурсов УВ.

Ключевые слова: нефтегазопоисковые работы, приповерхностная геохимическая съемка, газообразные и парообразные УВ, зоны нефтегазоаккумуляции, ресурсы УВ.

ABOUT THE POSSIBILITY OF HC RESOURCES INCREASE IN THE CENTRAL PART OF THE SAKHA REPUBLIC

P. N. Sobolev, A. I. Surnin

Siberian Research Institute of Geology, Geophysics and Mineral Resources, Novosibirsk, Russia

The article presents the results of geological exploration carried out in 2016–2018 in the Sinskaya area, located on the adjacent territory of the Vilyui syncline and Aldan antecline. Based on the complex of geochemical and seismic surveys in the northern part of the area, the identification of predicted oil and gas accumulation zones is substantiated. Predicted zones are distinguished at the site of reduced thicknesses and pinch-out of Permian and Triassic deposits. Taking into account the nature of concentration variations of HC components sorbed by subsoil sediments, it is assumed that hydrocarbon fluids have predominantly gas-condensate state. The appearance of the oil phase is predicted for the southern perspective zone. On the ground of predictive definitions and the results of performed operations, recommendations were given on the placement of parametric drilling and allocation of licensed blocks for subsequent exploration. Prognosis evaluations of HC resources are done.

Keywords: oil and gas exploration, near-surface geochemical survey, gaseous and vaporous hydrocarbons, oil and gas accumulation zones, HC resources.

DOI 10.20403/2078-0575-2021-2-99-106

История нефтегазопоисковых работ в Якутии берет начало с середины прошлого века. Важным толчком для развития нефтегазопоисковых работ в регионе было открытие в 1956 г. первого газового промышленного месторождения на Усть-Вилюйской площади, на смежной территории Предверхоаянского прогиба. В результате разворота геолого-разведочных работ (ГРП) в 1963–1969 гг. на территории Хапчагайского мегавала, в центральной части Вилюйской синеклизы были открыты газовые и газоконденсатные месторождения (Бадаранское, Неджелинское, Средневилюйское, Мастахское, Собо-Хаинское).

В 1976 г. открыто Среднетюнжское газоконденсатное месторождение на Логлорском структурном мысу, расположенном на северо-западном склоне Вилюйской синеклизы, а в 1985 г. – пока последнее в нефтегазоносной области (НГО) два небольших газоконденсатных месторождения, связанных с антиклинальными структурами (Андылахское и Нижнетюянское). Часть выделенных структур не подтвердилась в результате проведения ГРП, а сре-

ди выявленных многие имеют небольшие размеры и, вероятно, незначительные запасы УВ.

Ввиду истощения фонда структур на территории Вилюйской НГО в 1990-е гг. актуальными стали поиск и оценка возможностей определения литологически и стратиграфически экранированных залежей УВ. В этом отношении интерес представляют южный и северный склоны Вилюйской синеклизы. Их можно рассматривать в качестве зон разгрузки УВ, генерированных в палеоочагах с мощными толщами нефтегазоматеринских пород, которые связаны с крупными отрицательными структурами – Линденской впадиной, Лунгхинско-Келинским мегапрогибом, Южно-Хапчагайским прогибом. По нашим последним количественным оценкам масштабов нефтегазообразования в пермских отложениях центральной части Вилюйской синеклизы, интенсивность эмиграции битумоидов составляла 400–1500 тыс. т на 1 км². Процессы генерации УВ газов оцениваются еще выше. На территории Линденской впадины соответствующие показатели про-



гнозируются на уровне 2000–7000 млн м³ на 1 км², Лунгинско-Келинского прогиба – 1000–3000 млн м³ на 1 км². Также можно отметить, что в краевых частях Вилюйской синеклизы вполне вероятно наличие источников УВ и в венд-рифейских и в кембрийских отложениях [3]. Возможность существования залежей УВ на южном склоне Вилюйской синеклизы в последние годы обосновывается специалистами ВНИГРИ, которые дали прогноз нефтяных залежей в триасовых и пермских отложениях на смежной площади Вилюйской синеклизы и Алданской антеклизы. Высокая оценка перспектив мезозойских и пермских отложений северного склона Якутского погребенного поднятия была сделана специалистами ИПНГ СО РАН [5, 6] и в диссертационной работе А. В. Погодаева [4].

Определенный оптимизм вселяют результаты проведенного в последние годы АО «Росгеология» комплекса геолого-геофизических работ на Синской площади (смежная территория Вилюйской синеклизы и Алданской антеклизы): сейсморазведочные, электроразведочные, гравимагнитные исследования и приповерхностная газогеохимическая и битуминологическая съемки, выполненные вдоль сейсмических профилей. В данной статье рассмотрены результаты, полученные главным образом в ходе приповерхностной газогеохимической съемки и основанные на этом прогнозные построения.

Методика проведения приповерхностной газогеохимической съемки

Используемая методика газогеохимических исследований основана на изучении газо- и паровых образных УВ, сорбированных элювиальными образованиями верхней части разреза. Определенную информацию дает также изучение ряда углеводородных компонентов (углекислый газ, водород, гелий). Объект изучения – грунты (подпочвенные элювиальные образования). Полевые работы включали отбор грунтов из мелких скважин (глубиной 1 м) вдоль сети сейсмических профилей и консервацию проб с последующим направлением в стационарную лабораторию для дегазации и газохроматографического анализа полученных газоздушных смесей (ГВС).

Аналитические исследования проб ГВС выполнялись в аттестованной в системе Росаккредитация испытательной лаборатории АО «СНИИГГиМС» (аттестат аккредитации RA.RU.21ГЛ02, выданный 13.11.2017). Определение компонентного состава газовых проб проводилось согласно методике СТО ИГ-026-11, аттестованной в соответствии с ГОСТ Р 8.563-2009 (свидетельство об аттестации № 272/2016-01.00115-2013, выдано ФГБУ «ВИМС»). Измерения проводились на газовом хроматографе «Хроматэк-Кристалл 5000.2» (свидетельство об утверждении типа средств измерений RU.C.39.118.A № 55590/1).

Методика предусматривает хроматографическое определение углеводородных и неуглеводородных компонентов газовой пробы: метана и его гомологов до гептана включительно, бензола, Н₂, СО₂, N₂, О₂ и Не.

Прогнозные построения

Прогноз нефтегазоносности территории Синского участка выполнялся по комплексу геолого-геохимических данных. При этом учитывалась модель геологического строения участка, основанная на материалах сейсморазведочных работ и ретроспективных материалах, полученных в ходе ГРП предшествующего периода. Основной составной частью прогноза является совместный анализ характера приповерхностного геохимического поля и геологической модели, полученной по сейсмическим данным. При этом наиболее важно выделение на профилях участков повышенных и контрастных вариаций концентраций УВ компонентов, интерпретируемых в качестве проекций на земную поверхность прогнозных зон контактов пластовых флюидов разного фазового состояния (ГВК, ВНК и ГНК). Как показывает опыт газогеохимических работ, именно в переходных зонах от углеводородного насыщения к пластовым водам фиксируются контрастно меняющиеся и резко повышенные концентрации сорбированных приповерхностными отложениями газовых компонентов.

Так, при изучении антиклинальных ловушек часто фиксируется кольцеобразный характер распределения газовых компонентов, при котором по периферии залежей наблюдается повышение концентраций УВ газов и диоксида углерода. Обобщая данные различных авторов, занимавшихся проблемами газогеохимических поисков, и материалы собственных исследований, можно отметить, что кольцевой характер геохимического поля характерен для условий, когда залежь связана с антиклинальной ловушкой и УВ подстилаются пластовыми водами. При этом различными исследователями используются различные объяснения указанного явления. На наш взгляд, наиболее вероятно следующее объяснение, обоснованное иркутскими геохимиками еще в 1970-е гг. [7]. На примере различных залежей достаточно уверенно установлено то, что зоны водонефтяных и водно-газовых контактов весьма подвижны [1]. Особенно это касается залежей УВ в толщах, переживших длительную историю формирования, переформирования с частым изменением положения водонефтяных контактов. В зонах ВНК и ГНК интенсивно проходят окислительно-восстановительные реакции с выделением газообразных продуктов окисления УВ. Кроме того, растворимость УВ газов в нефти и в конденсатной части залежи намного выше, чем в воде. За счет этого при изменении положения водонефтяного контакта в законтурных водах происходит их выделение в свободную фазу. В ходе данных процес-



сов при углеводородной дегазации приконтактных вод вокруг залежей образуются повышенные концентрации газов, которые при вертикальной миграции могут давать кольцеобразные аномалии в приповерхностных отложениях, а также на более глубоких уровнях антиклинальной структуры. В свою очередь, для залежей с литологическим или литолого-стратиграфическим экранированием аномалии приобретают полосовидный характер. Наш многолетний опыт газеогехимических съемок подтверждает эту точку зрения. Выделение на изучаемой территории проекций зон контактов флюидов разного фазового состояния с учетом возможных типов ловушек приводит к существенному уточнению прогнозных построений. Такой подход использован нами на территории Синской площади.

Обсуждение результатов и рекомендации

Для территории Синской площади, на которой была выполнена сеть сейсмических профилей, для анализа были выбраны профили субмеридиональной ориентировки. Это направление наиболее интересно, поскольку оно проходит вкрест простирания перспективных отложений перми и мезозоя, пересекая зоны сокращения их толщин и выклинивания. Обобщение графиков изменения концентраций УВ компонентов вдоль сейсмопрофилей показало следующее.

В пределах контура развития пермских отложений в приповерхностном геохимическом поле на сейсмических профилях фиксируются участки повышенных и резко дифференцированных значений концентраций суммы газообразных гомологов метана. Такие участки группируются в протяженные зоны, субпараллельные простиранию отложений осадочного чехла. Характерные вариации концентраций УВ, сорбированных приповерхностными отложениями, иллюстрируются на примере сейсмического профиля № 160515 (рис. 1). Согласно сейсмогеологическим данным участок резкого повышения концентраций УВ совпадает с участком сокращения толщин и выклинивания пермских отложений. Подобные вариации концентраций газообразных гомологов метана отмечаются практически на всех профилях субмеридиональной ориентировки. Это явление не случайно и, на наш взгляд, объясняется пересечением профилями зон ГVK газоконденсатных залежей (залежи). Участки повышенных концентраций в приповерхностном геохимическом поле представляют собой проекции зон ГVK (или ВNK) на земную поверхность. Часто повышения концентраций УВ газов на этих участках сопровождаются аналогичными повышениями концентраций паровых гомологов метана (C_5-C_7). Это позволяет предполагать повышенное содержание в вероятных залежах конденсатной фазы или даже нефтяных оторочек.

Обобщение полученных геохимических материалов по Синской площади позволяет наметить

контуры прогнозной проекции на поверхность зон раздела флюидов разного фазового состояния (рис. 2). Судя по значительной протяженности (до 90 км) и извилистым очертаниям таких зон, вряд ли это проекции ГVK единой крупной залежи, скорее всего, нескольких залежей, сменяющих друг друга в субширотном направлении. В пользу этого предположения свидетельствует неоднородность состава УВ компонентов с резко дифференцированными концентрациями на разных профилях. Судя по субширотной ориентировке зоны, маловероятно, что осложнения приповерхностного геохимического поля связаны с проницаемыми зонами дизъюнктивных нарушений, которые на Синской площади имеют северо-восточную ориентировку. В то же время вполне возможно, что такие дизъюнктивные нарушения разделяют залежи, обуславливая блоковое («клавишное») строение всей зоны.

Выявление зон, оцениваемых в качестве проекции на поверхность контакта флюидов разного фазового состава, вместе с геолого-геофизическими данными стало основой для создания карты прогнозных объектов для северной части Синской площади. Построения выполнены для перспективных пермских и мезозойских отложений. Уже было указано на региональные предпосылки перспектив нефтегазоносности Синской площади. Условием для формирования скоплений УВ в рассматриваемой зоне можно считать вероятные латеральные перетоки УВ, генерированных РОВ пермских отложений в палеоочагах, которые расположены к северу от Синской площади. Здесь в пределах Лунгхинско-Келинского и Южно-Неджелинского мегапрогибов РОВ пермских отложений преобразовано до градаций $МК_2-MK_4$. Это свидетельствует о довольно высокой степени реализации их исходного потенциала. Кроме того, вполне вероятен также подток УВ в результате субвертикальной миграции из нижних частей осадочного чехла (породы и инканской свиты кембрия, прослой нефтематеринских пород в составе вендских отложений).

По результатам проведенных на Синской площади геолого-геохимических работ в ее северной части выделяются две перспективные зоны (рис. 3). Первая прогнозируется в краевой северо-восточной части площади между субширотными профилями 160501 и 160502. Основанием для этого служат зафиксированные на северных флангах профилей 160611–160518 участки повышенных и резко дифференцированных концентраций газообразных гомологов метана. Зона оценивается как газоносная. Не исключено, что она протягивается к северу от Синской площади. Возможные скопления УВ предположительно связаны с таганджинским резервуаром [2]. Проницаемой частью резервуара могут быть терригенные коллекторы таганджинской и мономской свит нижнего триаса, флюидоупором – глинистые пачки в верхней части мономской

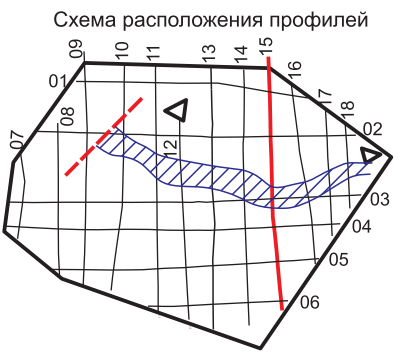
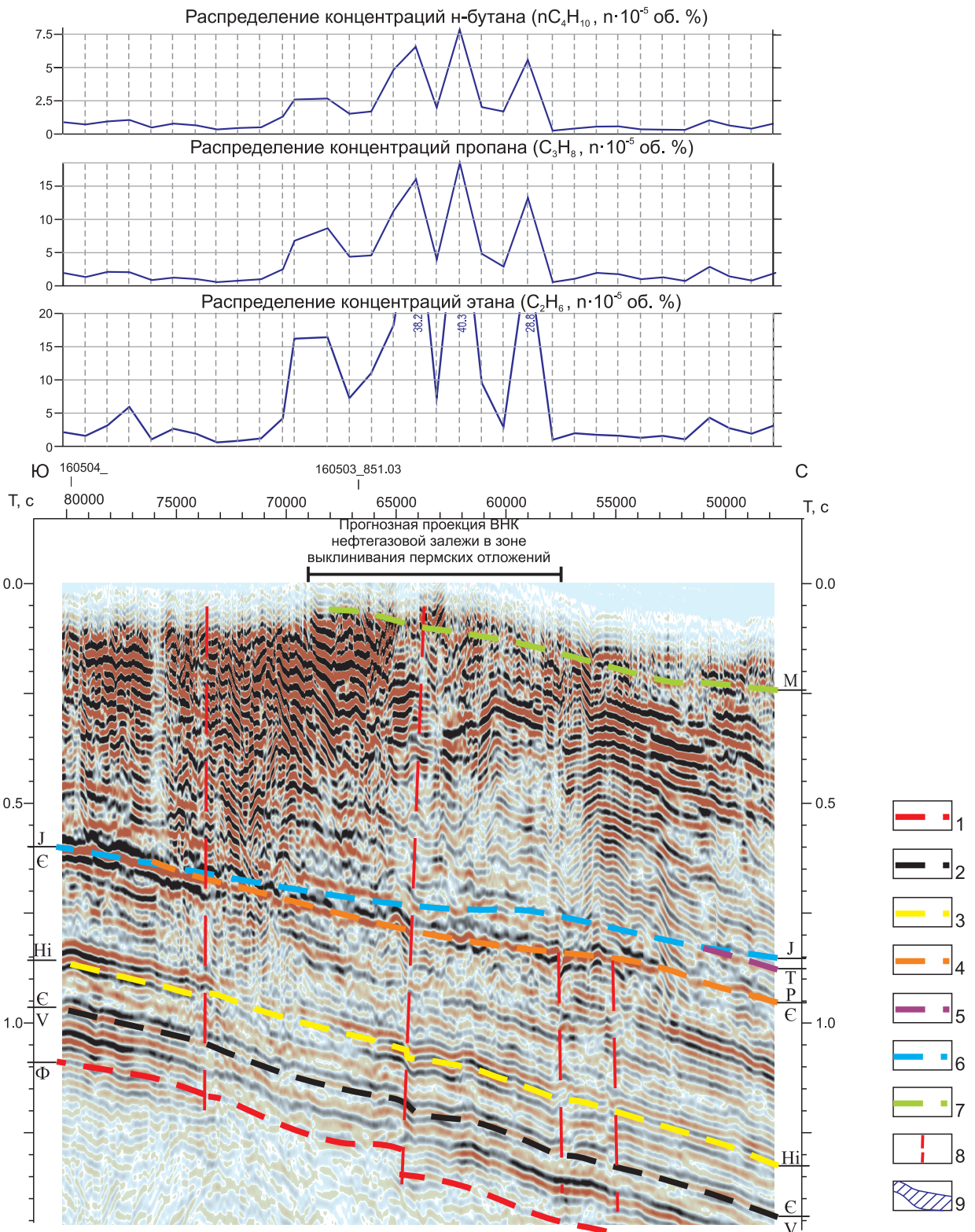


Рис. 1. Фрагмент сейсмического профиля 160515. Синяя площадь (северный склон Алданской антеклизы)

Геологические границы по сейсмическим данным: 1 – ОГФ – поверхность кристаллического фундамента, 2 – венд – кембрий, 3 – ОГНи – кровля иниканской свиты нижнего – среднего кембрия; 4–7 – подошвы отложений: 4 – пермских, 5 – триасовых, 6 – юрских, 7 – меловых; 8 – дизъюнктивные нарушения; 9 – прогнозный контур зоны ГВК залежей, связанных с зоной выклинивания пермских отложений

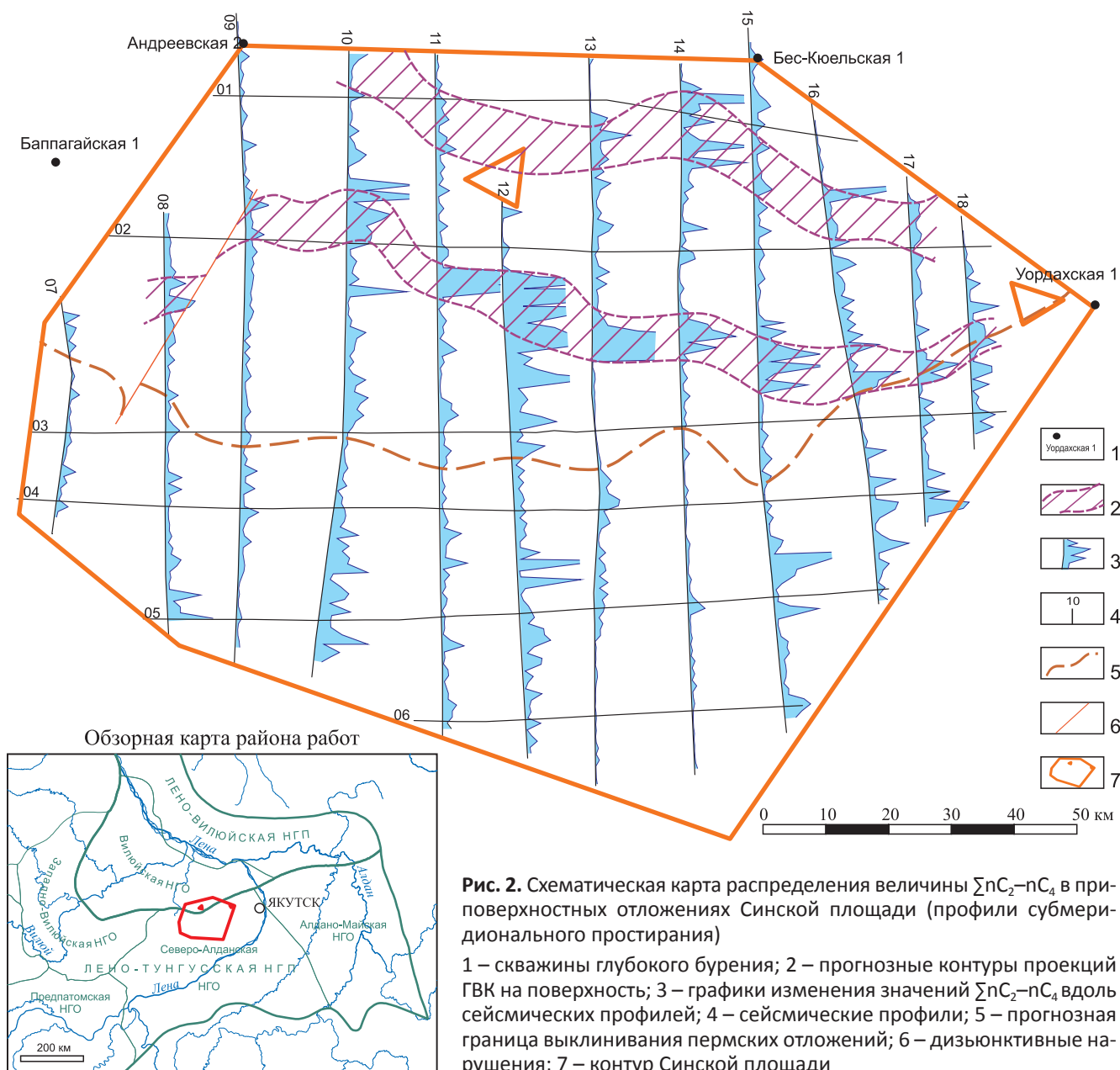


Рис. 2. Схематическая карта распределения величины $\sum nC_2 - nC_4$ в приповерхностных отложениях Синской площади (профили субмеридионального простирания)

1 – скважины глубокого бурения; 2 – прогнозные контуры проекций ГVK на поверхность; 3 – графики изменения значений $\sum nC_2 - nC_4$ вдоль сейсмических профилей; 4 – сейсмические профили; 5 – прогнозная граница выклинивания пермских отложений; 6 – дизъюнктивные нарушения; 7 – контур Синской площади

свиты. Для характеристики возможного резервуара пока нет конкретных данных. В непосредственной близости в юрских отложениях закончено бурение Бес-Кюельской скв. 1.

Вторая зона прогнозируется к югу от первой, между субширотными профилями 160502 и 160503 (см. рис. 3). Она выделяется по характеру приповерхностного геохимического поля на субмеридиональных профилях 160509–160518 и, вероятно, также представлена серией залежей, разделенных дизъюнктивными нарушениями. По вариациям различных УВ компонентов можно предполагать в составе возможных залежей увеличение роли жидких УВ; здесь не исключено присутствие нефтяных оторочек. Для этой зоны вероятно продуктивность аналогов неджелинского резервуара, выделяемого в пределах Вилуйской НГО [2], который включает неджелинскую свиту нижнего триаса и песчаные пласты верхней перми.

Таким образом, выполненные построения подтверждают мнение ряда специалистов о высокой перспективности мезозойско-верхнепалеозойских отложений в зоне их выклинивания, на границе Вилуйской синеклизы и Алданской антеклизы [4–6]. Вместе с тем необходимо отметить, что выполненный прогноз опирается только на результаты региональных геофизических работ и приповерхностной геохимической съемки. В связи с отсутствием глубокого бурения в районе исследований нет данных по характеристике разреза, фильтрационно-емкостным свойствам, флюидонасыщенности, толщинам, литологии коллекторов и флюидоупоров. С целью уточнения прогноза и повышения инвестиционной привлекательности территории даны рекомендации по дальнейшим направлениям ГРП и лицензированию территории.

Бурение глубоких скважин. В контурах каждой из выделенных перспективных зон предлага-

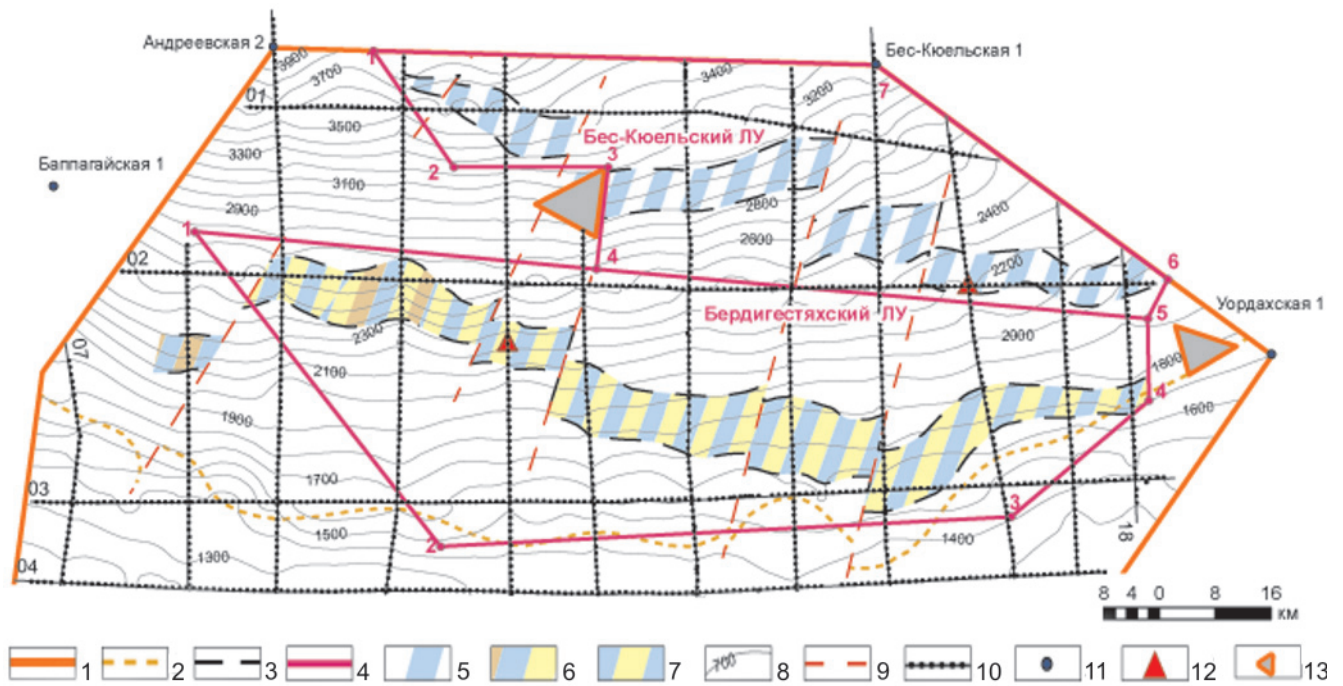


Рис. 3. Карта перспективных объектов в северной части Синской площади

1–4 – границы: 1 – Синского участка, 2 – выклинивания пермских отложений, 3 – прогнозных залежей УВ, 4 – участков, предлагаемых для лицензирования; 5–7 – фазовый состав в прогнозных зонах нефтегазоаккумуляции: 5 – газовые, 6 – нефтегазоконденсатные, 7 – газоконденсатные; 8 – изогипсы поверхности кристаллического фундамента по сейсмическим данным; 9 – прогнозные дизъюнктивные нарушения; 10 – сейсмические профили с геохимическим опробованием; скважины: 11 – глубокие, 12 – рекомендуемые параметрические; 13 – особо охраняемые территории

ется бурение по одной параметрической скважине (см. рис. 3).

Для изучения перспективного разреза пермских и триасовых отложений рекомендуется заложить скважину глубиной 2400 м на профиле 160511, в 7 км южнее его пересечения с профилем 160502, недалеко от круглогодично действующей автотрассы. Планируется вскрытие кристаллического фундамента на глубине 2300–2350 м. Основные задачи, решаемые бурением скважины:

- 1) проверка высотной привязки сейсмических горизонтов;
- 2) оценка перспектив нефтегазоносности пермо-триасовых отложений;
- 3) изучение промыслово-геофизических параметров пермо-триасовых отложений;
- 4) комплекс литологических, петрофизических, стратиграфических геохимических исследований пермо-триасовых отложений;
- 5) изучение пластовых флюидов.

Кроме того, важным представляется попутное изучение доманикоидных отложений иниканской свиты кембрийского возраста (возможная глубина отложений 1600–1700 м). Для этого необходим детальный отбор керна и его комплексное изучение (геохимическое, петрофизическое, ФЭС). Данная задача ставится с целью обоснования дальнейших работ по изучению возможностей поисков «сланцевой» нефти в иниканской свите.

Еще одна параметрическая скважина рекомендуется в районе пересечения сейсмопрофилей

160516 и 160502 на северо-востоке Синской площади. Глубина скважины 2350 м, на забое предполагается вскрыть кристаллический фундамент. Основные задачи бурения:

- 1) проверка высотной привязки сейсмических горизонтов;
- 2) изучение нефтегазоносности и строения пермских и триасовых отложений;
- 3) изучение промыслово-геофизических параметров пермо-триасовых отложений;
- 4) комплекс петрофизических, емкостных и литологических исследований пермских и триасовых отложений;
- 5) исследование пластовых флюидов.

Как и для первой скважины, необходима проходка пород иниканской свиты с отбором керна в целях комплексного изучения доманикоидных отложений.

Представляется, что по результатам бурения рекомендуемых параметрических скважин будет доказана промышленная нефтегазоносность Синской площади. Будут также получены материалы, необходимые для обоснования дальнейших ГРП. Все это повысит инвестиционную привлекательность как Синской площади в целом, так и ее отдельных объектов.

Предложения по лицензированию. По результатам исследований, выполненных на Синской площади, предлагается включить в перечень объектов для лицензирования следующие участки (см. рис. 3).

1. Бес-Кюельский участок (2510 км²) в северо-восточной части Синской площади, в администра-



тивном отношении – в северной части Горного улуса Республики Саха (Якутия).

В геологическом отношении участок выделяется в зоне развития перспективных отложений пермского и триасового возраста, определенной по комплексу сейсмических и газогеохимических работ. В ее пределах прогнозируется серия литологически и стратиграфически экранированных газоконденсатных залежей, возможно, с нефтяной оторочкой в триасовых отложениях и верхней части пермских. Прогнозные газоконденсатные скопления связаны с таганджинским резервуаром. Проницаемая его часть – песчаные пласты таганджинской и мономской свит триаса, тарагайской свиты перми; флюидоупор – глинистые пласты в верхней части мономской свиты нижнего триаса. В пределах участка прогнозные ресурсы газа по категории D_n оцениваются в 360,5 млрд m^3 , конденсата 5,4 млн т.

На Бес-Кюельском участке определенный интерес представляют также доманикоидные отложения иниканской свиты нижнего – среднего кембрия, оцениваемые в качестве аналогов баженовской свиты Западной Сибири. Эти отложения являются возможным источником «сланцевой» нефти.

Абсолютные отметки поверхности кристаллического фундамента в пределах Бес-Кюельского участка составляют $-3700 \dots -2100$ м, уменьшаясь в направлении с северо-запада на юго-восток. Перспективные пермо-триасовые отложения прогнозируются на глубинах 1200–1600 м.

2. *Бердигестяхский участок* (4138 км²) в северной части Синской площади, к югу от Бес-Кюельского (см. рис. 3), в Горном улусе Республики Саха (Якутия).

Здесь прогнозируется зона нефтегазонакопления в пермских отложениях, связанная с сокращением их толщин и выклиниванием. Зона выделена по комплексу сейсмических и геохимических данных. Предполагается серия субширотнo ориентированных литологически и стратиграфически экранированных залежей, разделенных дизъюнктивными нарушениями. Наполнение ловушек газоконденсатное, но вполне вероятно присутствие нефтяных оторочек, особенно в западной части. Согласно оценкам в пределах зоны прогнозные ресурсы газа по категории D_n составляют около 350 млрд m^3 УУВ, конденсата 7 млн т; оценка нефтяных ресурсов не выполнялась. По имеющимся структурным построениям абсолютные отметки поверхности кристаллического фундамента варьируют от -2700 до -1500 м, повышаясь в южном направлении. Глубины кровли перспективных пермских отложений достигают 900–1300 м.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Вторичные** изменения коллекторов в процессе формирования и разрушения залежей углеводородов и их значение для оптимизации геологоразведочных работ / под ред. Р. С. Сахибгареева, Л. Н. Капченко. – Л.: ВНИГРИ, 1990. – 263 с.

2. **Геология** нефти и газа Сибирской платформы / А. С. Анциферов, В. Е. Бакин, И. П. Варламов и др.; под ред. А. Э. Конторовича, В. С. Суркова, А. А. Трофимука. – М.: Недра, 1981. – 552 с.

3. **Полякова И. Д., Стасова О. Ф.** Геохимия нафтидов северо-востока Сибирской платформы в связи с условиями их формирования и разрушения // Геохимические и гидрогеологические предпосылки поисков нефти и газа в Сибири. – Новосибирск: СНИИГГиМС, 1983. – С. 70–82.

4. **Погодаев А. В.** Особенности геологического строения, закономерности формирования и размещения газоконденсатных месторождений Вилульской синеклизы, обоснование новых направлений нефтегазопосковок работ: автореф. дис. ... к. г.-м. н. – Якутск, 2019. – 22 с.

5. **Сафронов А. Ф.** Перспективы наращивания сырьевой базы нефтегазодобычи на территории РС (Я) // Наука и техника в Якутии. – 2009. – № 2 (17). – С. 15–21.

6. **Сивцев А. И., Чалая О. Н., Зуева И. Н.** Перспективы нефтегазонаосности центральной Якутии как ресурс энергобезопасности // Нефтегазовое дело. – 2016. – № 2. – С. 71–83. – Точка доступа: <http://ogbus.ru>.

7. **Структура** ореолов рассеяния газов над залежами углеводородов / В. П. Исаев, Е. П. Костюченкова, В. В. Павленко и др. // Геология нефти и газа. – 1985. – № 12. – С. 44–51.

REFERENCES

1. Sakhigbareeva R.S., Kapchenko L.N. eds. *Vtorichnyye izmeneniya kollektorov v protsesse formirovaniya i razrusheniya zalezhey uglevodorodov i ikh znacheniye dlya optimizatsii geologo-razvedochnykh rabot* [Secondary alterations of reservoirs in the process of formation and petroleum loss, implications for optimizing geological exploration]. Leningrad, VNIIGRI Publ., 1990. 263 p. (In Russ.).

2. Antsiferov A.S., Bakin V.E., Varlamov I.P., et al. *Geologiya nefi i gaza Sibirskoy platformy* [Oil and gas geology of the Siberian Platform]. Moscow, Nedra Publ., 1981. 552 p. (In Russ.).

3. Polyakova I.D., Stasova O.F. [Geochemistry of naphthides in the northeast Siberian Platform and their formation and destruction conditions]. *Geokhimicheskiye i gidrogeologicheskiye predposylki poiskov nefi i gaza v Sibiri* [Geochemical and hydrogeological prerequisites for petroleum exploration in Siberia]. Novosibirsk, SNIIGGiMS Publ., 1983, pp. 70–82. (In Russ.).

4. Pogodaev A.V. *Osobennosti geologicheskogo stroeniya, zakonomernosti formirovaniya i razmeshcheniya gazokondensatnykh mestorozhdeniy Vilyuyskoy sineklizy, obosnovaniye novykh napravleniy neftegazoposkovykh rabot. Avtoref. kand. dis.* [Features of geological structure, regularities of formation and distribution of gas condensate fields of the Vilyui syncline, substantiation of new areas of oil and gas exploration. Author's abstract of PhD thesis]. Yakutsk, 2019. 22 p. (In Russ.).



5. Safronov A.F. [Prospects for buildup of the resource base of oil and gas production in the Republic of Sakha (Yakutia)]. *Nauka i tekhnika v Yakutii*, 2009, no. 2(17), pp. 15–21.

6. Sivtsev A.I., Chalaya O.N., Zueva I.N. [Hydrocarbon potential of Central Yakutia as an energy security

resource]. *Neftegazovoye delo*, 2016, no. 2, pp. 71–83. Available at: <http://ogbus.ru>. (In Russ.).

7. Isaev V.P., Kostyuchenkova E.P., Pavlenko V.V., et al. [Gas scattering halo structure above hydrocarbon pools]. *Geologiya nefti i gaza – Oil and Gas Geology*, 1985, no. 12, pp. 44–51. (In Russ.).

© П. Н. Соколев, А. И. Сурнин, 2021