

Опыт комплексирования методов потенциальных полей площадных геохимических исследований с целью планирования геолого-разведочных работ на слабоизученных территориях залегания баженовской свиты

Experience of integration of potential field methods and surface geochemistry in the context of exploration planning within underexplored areas of the Bazhenov formation

A.A. Vashkevich (Gazprom Neft PJSC, RF, Saint-Petersburg),
 K.V. Strizhnev, S.I. Chekmarev
 (Gazpromneft-Angara LLC, RF, Saint-Petersburg),
 D.E. Zagranovskaya, A.S. Bochkov, V.V. Zhukov
 (Gazpromneft NTC LLC, RF, Saint-Petersburg),
 Yu.L. Zulkova, N.F. Skopenko
 (RosGeofizika CJSC, RF, Saint-Petersburg)

E-mail: Zagranovskaya.DE@gazpromneft-ntc.ru

Key words: Bazhenov formation, source rocks, unconventional reservoir, granite intrusions, high-resolution seismic surveys, detailed gravity and magnetic work, geochemical studies

According to the authors, one of the important processes that have made their contribution to the formation of secondary porosity in the Bazhenov rocks are the epigenesis processes. Keeping in mind that these processes are related to the development of high reservoir properties of productive rocks, their importance for the prediction of promising areas where free oil may occur is significant. Unconventional reservoirs with mobile hydrocarbons are confined to weakened zones of the sedimentary mantle where oil generation is caused by conditioned heating related to certain hydrothermal-metasomatic processes in the basement rocks and structural features of the sedimentary mantle while boundaries of non-structural traps are defined by decompression zones. The exploration methods that can be used in a license block should be in accordance with the amount of geologic information available and determine target parameters for further more detailed and expensive explorations such as high-resolution 3D seismics and exploratory drilling. The paper analyses the relevance of the obtained exploration results as well as the applicability of high-precision geophysical methods, such as detailed gravimetric and magnetic surveying and areal geochemical surveying, to identify unconventional and non-structural traps. The reason for integrating potential field data with seismic data is determined by the fact that information obtained by each of these methods has its specific characteristics. Anomalies of potential fields related to magnetic and density properties of rocks reflect, first of all, their composition and superimposed processes (tectonic impacts, hydrothermal-metasomatic changes, etc.) which allows obtaining data on physical characteristics of the geological environment in addition to seismic data that are crucial, mainly, to study structural features. Second, gravitational and magnetic fields anomalies are caused, primarily, by high-angle boundaries while the seismic method, in contrast, is focused on tracking low-angle boundaries. It means that these two methods may complement each other helping identify subvertical tectonic and subhorizontal lithological and stratigraphic boundaries.

Различная продуктивность скважин в баженовской свите обуславливает проблемы при разведке и разработке подобных отложений. Кроме того, не существует специальных методик геолого-разведочных работ (ГРП), позволяющих целенаправленно выявлять нетрадиционные объекты и оконтуривать залежи нефти в отложениях баженовской свиты. Оконтуривание залежей проводится по скважинным данным и прямо зависит от изученности исследуемого объекта бурением.

Есть предположение, что образование продуктивных баженовских нетрадиционных коллекторов следует рассматривать в неразрывной связи с образованием нефтя-

А.А. Вашкевич
 (ПАО «Газпром нефть»),
К.В. Стрижнев, Д.Т.Н.,
С.И. Чекмарев
 (ООО «Газпромнефть-Ангара»),
Д.Е. Заграновская,
А.С. Бочков, К.Т.Н.,
В.В. Жуков
 (ООО «Газпромнефть НТЦ»),
Ю.Л. Зуйкова,
Н.Ф. Скопенко, К.Г.-М.Н.
 (ЗАО КЦ «Росгеофизика»)

Адрес для связи: Zagranovskaya.DE@gazpromneft-ntc.ru

Ключевые слова: баженовская свита, нефтематеринские породы, нетрадиционный коллектор, гранитные интрузии, высокоразрешающие сейсморазведочные работы, детальные гравитационные и магниторазведочные работы, геохимические исследования

ных залежей в битуминозных отложениях [1]. Поэтому для выделения перспективных площадей отложений баженовской свиты необходимо изучать весь комплекс пород осадочного бассейна и фундамента с учетом его формирования, а также рассматривать неотектоническую активность района. Необходимо отметить, что в баженовской свите может одновременно присутствовать несколько видов запасов и ресурсов. Их дифференциация очень удобна для оценки добычного потенциала объекта. Разработка методов локализации запасов и ресурсов в разрезах скважин и по площади будет способствовать наращиванию добычи уже сегодня [2]. К областям нетрадиционных запасов относятся перспективные зоны свободной нефти, которые на разных стадиях изученности геолого-разведкой могут быть успешно выявлены с помощью простых геофизических и геохимических методов.

Ранее в работе [3] отмечалось, что все выявленные месторождения свободной нефти в нетрадиционных коллекторах баженовского горизонта сосредоточены в ослабленных зонах осадочного чехла, а нефтегенерация вызвана кондиционным прогревом. Как следствие, области с наличием подвижного флюида непосредственно связаны с эпигенезом. Таким образом, на породы баженовской свиты достаточно сильное воздействие оказал доюрский фундамент (тепловое воздействие интрузивных масс, активизация блоковой тектоники фундамента и связанные с

этим тектонические и гидротермально-метасоматические процессы в чехле и др.) [1, 3, 4]. Эти процессы в свою очередь значительно повлияли на генерацию, аккумуляцию и миграцию углеводородов в породах как баженовской свиты, так и осадочного чехла.

В связи со сложностью поисковых объектов разработана комплексная методика проведения геофизических и геохимических исследований, позволяющая на ранней стадии ГРП выявлять перспективные зоны в пределах лицензионного участка. Необходимо отметить, что стоимость указанного комплекса работ существенно ниже стоимости традиционно рекомендуемых сейсморазведочных работ 2D.

В 2015–2016 гг. на поисковом участке ООО «Газпромнефть-Ангара», расположенном в Белоярском районе ХМАО, проведены работы по изучению перспектив нефтеносности нижней части осадочного чехла и доюрского основания. Специфика работ заключалась в том, что одним из основных потенциально перспективных объектов на территории исследований являлась баженовская свита как нетрадиционный источник углеводородов.

Поскольку залежи нетрадиционных коллекторов с подвижными углеводородами приурочены к ослабленным зонам осадочного чехла, а нефтегенерация вызвана кондиционным прогревом, связанным с гидротермально-метасоматическими процессами конкретного типа пород фундамента и особенностями строения осадочного чехла, при границах неструктурных ловушек, определяемых зонами разуплотнения, виды ГРП на лицензионных участках должны отвечать стадии изученности и устанавливать поисковые параметры для дальнейшего проведения более детальных и дорогостоящих работ, таких как высокоразрешающая сейсморазведка 3D и бурение скважин.

В результате предварительного анализа геологического строения предполагаемых залежей и вследствие низкой степени изученности в пределах лицензионного участка принято решение вместо проведения сейсморазведочных работ 2D применить комплекс методов высокоточных гравитационной и магниторазведки, которые отражают основные неоднородности фундамента и нижней части осадочного чехла. Дополнительно для уточнения прямых признаков нефтеносности в комплексе выполнена площадная геохимическая съемка.

Комплекс полевых работ. Проектирование поискового комплекса, когда нефтегазоносность на участке не подтверждена бурением, связано с высокими рисками. Поэтому до начала полевых работ на рассматриваемом объекте потребовался анализ ретроспективных данных аэромагнитной съемки масштаба 1:50000 и гравитационной съемки масштаба 1:200000. В результате этих работ выявлены косвенные поисковые предпосылки (Ю.Л. Зуйкова и др., 2015 г.).

В непосредственной близости от участка в фундаменте предполагается наличие крупного массива гранитоидов. Такие массивы рассматриваются многими специалистами как источник тепла, способствующий генерации углеводородов в баженовской свите [1, 3, 4]. Установлено также, что участок находится в пределах крупных тектонически ослабленных зон, которые контролируют размещение ряда месторождений углеводородов за пределами территории участка (рис. 1).

Полученные данные позволили за короткий срок (3 мес) частично компенсировать дефицит геологической информации и сформулировать задачи дальнейших полевых исследований:

- уточнение вещественного состава фундамента и определение геометрии и глубины залегания тел, образующих аномалии (по результатам региональных исследований);
- изучение структурно-тектонических особенностей нижней части чехла с целью выявления поисковых предпосылок к наличию углеводородов в его пределах;
- выявление зон повышенной трещиноватости в фундаменте и нижней части осадочного чехла предполагаемых областей эпигенетических изменений пород;
- выделение в пределах лицензионного участка первоочередных зон для проведения высокоточных сейсморазведочных работ и последующего бурения на основании прямых и косвенных поисковых признаков углеводородов.

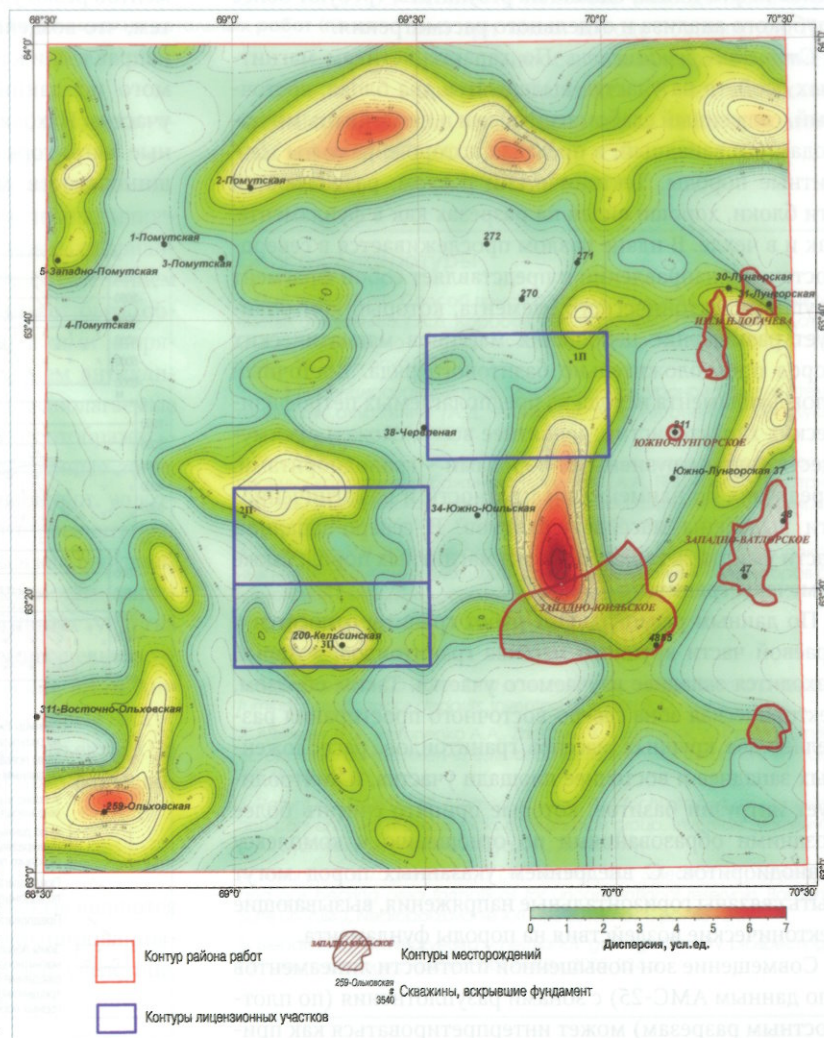


Рис. 1. Изменение дисперсии гравитационного поля на глубине 3,6 км

Аэромагнитная съемка масштаба 1:25000 и наземная профильная высокоточная гравиразведка проектировались для уточнения структурно-вещественной неоднородности доюрского фундамента, выделения тектонических нарушений с оценкой их роли в формировании блоковой структуры. Однако главная задача состояла в выявлении слабоинтенсивных аномалий, связанных со строением осадочного чехла, с целью получения новых данных.

Для установления прямых и косвенных поисковых признаков углеводородов была предусмотрена геохимическая съемка. Этот метод был направлен одновременно на решение двух задач: 1) подтверждение перспектив нефтегазоносности (региональный этап); 2) выделение участков детализационных работ (поисковая стадия).

Таким образом, полный комплекс полевых прогнозно-поисковых работ включал следующие методы:

- аэромагнитная съемка масштаба 1:25000 (АМС-25);
- профильная гравиразведка с шагом 250 м при расстоянии между профилями 3 км;
- геохимическая съемка методом пассивной адсорбции с применением естественного сорбента (снежный покров) и химическим анализом 80 углеводородных соединений.

В настоящее время получены и проанализированы результаты полевых геофизических работ. Данные геохимических исследований представляют определенный интерес в плане развития методов геохимических поисков нефти и газа, однако их результаты требуют более глубокого анализа и отдельного рассмотрения.

Строение фундамента. По характеристикам магнитных свойств на участке выделяются два блока: восточный, сложенный слабомагнитными и немагнитными породами, и западный, в пределах которого развиты магнитные породы. Тектонический разлом, разделяющий эти блоки, хорошо виден на разрезах как в фундаменте, так и в чехле. В плане разлом прослеживается в северо-восточном направлении и представляет собой фрагмент крупного тектонического элемента, который контролирует размещение небольших массивов магматических пород предположительно базитового ряда. Восточный блок фундамента исходя из предполагаемых петрофизических характеристик, вероятнее всего, сложен преимущественно интрузивными породами – гранодиоритами. Среди них по наименьшим плотности и намагниченности выделены массивы гранитов. В северо-западной части участка, к западу от блока магнитных пород, также отмечены граниты.

По данным региональных работ граниты относятся к краевой части крупного массива гранитоидов, который находится западнее изучаемого участка. Таким образом, тектоническая зона северо-восточного простирания разделяет два крупных массива гранитоидов, расположенных западнее и восточнее площади участка, и контролирует интрузии базитов, которые принято считать более поздними образованиями по отношению к комплексу гранодиоритов. С внедрением указанных пород могут быть связаны горизонтальные напряжения, вызывающие тектонические воздействия на породы фундамента.

Совмещение зон повышенной плотности линеаментов (по данным АМС-25) с зонами разуплотнения (по плотностным разрезам) может интерпретироваться как признак повышенной трещиноватости пород. В пределах

этих совмещенных зон можно ожидать наличия улучшенных коллекторов.

Строение нижней части осадочного чехла (рис. 2). Данные высокоточных грави- и аэромагниторазведки в рамках поисковой возможности этих методов дают объективную информацию об особенностях строения осадочного чехла в данном районе. Полученная информация при увеличении объема геологической и геофизической информации может в дальнейшем многократно подвергаться обработке и интерпретации. При интерпретации были приняты следующие поисковые предпосылки.

- Наличие гранитных массивов в верхних частях фундамента, с которыми связываются тепловые потоки, влияющие на генерацию углеводородов в породах баженновской свиты.
- Наличие зон повышенной трещиноватости в породах нижней части осадочного чехла как фактор, способствующий генерации углеводородов в пределах баженновской свиты.
- Наличие ловушек структурного и неструктурного типов, выделенных по данным сейсморазведки по отражающему горизонту (ОГ) Б, и предполагаемых по данным высокоточной гравиразведки.

Зоны повышенной трещиноватости, выделенные по плотности линеаментов в чехле, совпадают с экзоконтактами гранитных массивов, выделенных в фундаменте (см. рис. 2). В восточной части участка плотность линеаментов резко увеличивается, что, скорее всего, связано с тем, что воздействие гранитоидов на чехол возрастает в направлении к центру гранитного массива, предполагаемого по данным региональных работ за пределами участка. Исходя из принятой геологической модели данные магниторазведки о наличии зон повышенной трещиноватости могут рассматриваться как поисковый

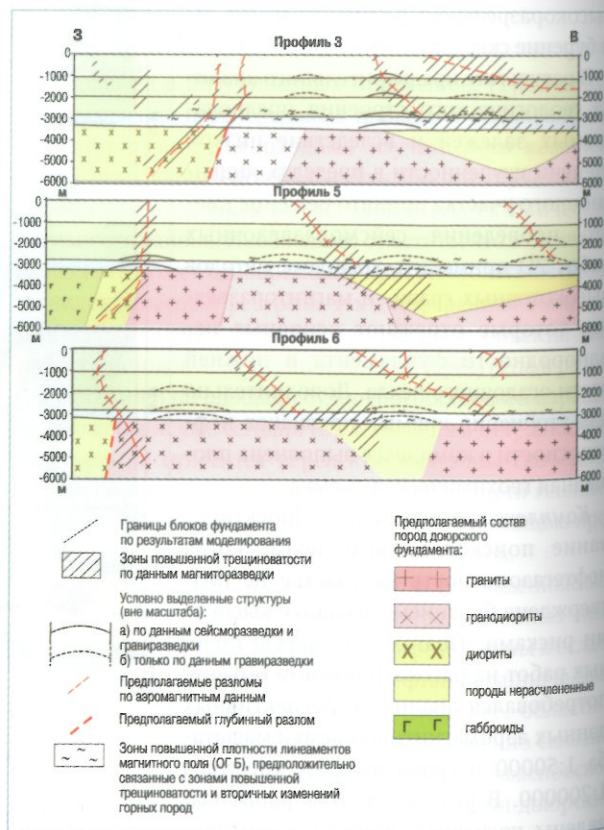


Рис. 2. Строение нижней части осадочного чехла

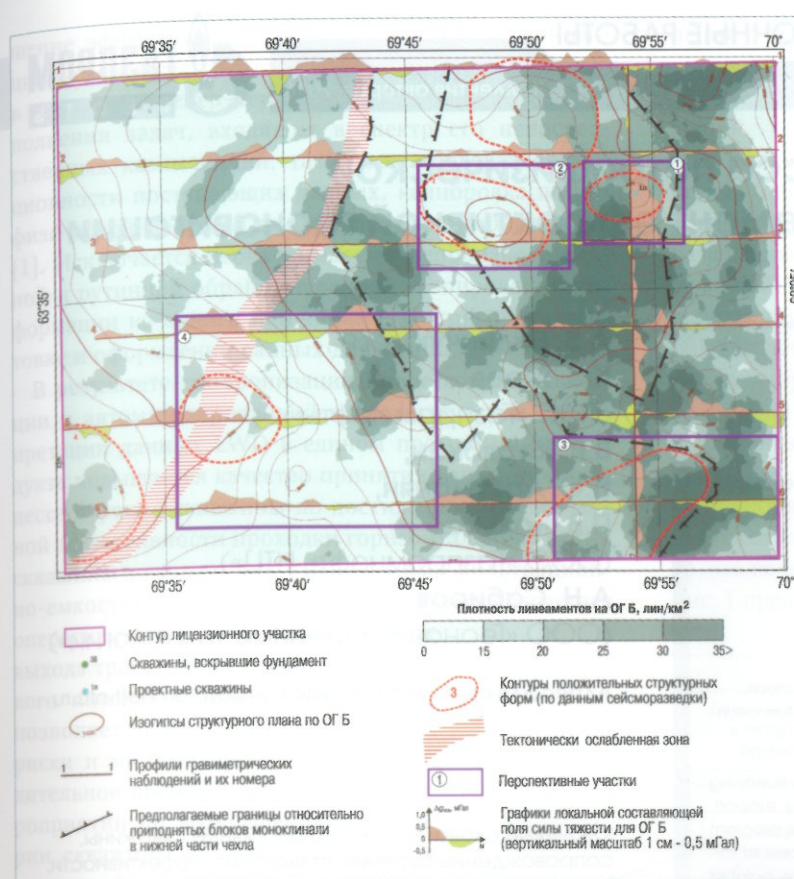


Рис. 3. Выделенные перспективные участки для проведения детальных работ (по данным НАЦ им. В.И. Шпильмана)

критерий для выделения перспективных для поиска углеводородов участков в нижней части чехла.

Таким образом, при геологическом истолковании локальных гравиметрических аномалий, отмеченных в пределах чехла, можно рассматривать два основных варианта. С одной стороны, их можно связывать с изменением плотностных характеристик пород (что может быть обусловлено как их составом, так и динамическими напряжениями земной коры), с другой – наличием антиклинальных структурных ловушек. При этом предполагаемые залежи углеводородов в первом случае будут отображаться как отрицательные аномалии (разуплотненные зоны, примыкающие к экранам), во втором – наоборот, уплотненные зоны, которые в первом варианте рассматривались как экраны, могут интерпретироваться как ловушки.

Всего на площади на основании совокупности критериев выделены четыре нефтеперспективных участка (рис. 3). На участках 1, 2, 3 данные сейсморазведки позволяют предполагать, что гравиметрические аномалии связаны со структурными ловушками, которые могут рассматриваться как основные целевые объекты. На участке 4 с равной степенью вероятности можно предполагать любую из рассмотренных моделей.

Выводы

1. Перспективные нетрадиционные объекты являются сложнопостроенными, литологически экранированными, приурочены к ослабленным зонам и, как следствие,

к вторично преобразованным породам. Выявление их нефтегазоносности выходит за рамки принятых исследований, таких как сейсморазведочные работы, где структурный фактор не является определяющим для выбора точки заложения поисковой скважины.

2. Для решения геологических задач на поисковом этапе работ с целью картирования распространения нетрадиционных коллекторов и неантиклинальных залежей необходим широкий комплекс полевых геолого-геофизических исследований, включающий переинтерпретацию исторических данных гравиметрических исследований с использованием современных методов. Это позволит рационально разместить объемы последующих дорогостоящих высокоточных сейсморазведочных и буровых работ.

3. Выполненный на лицензионном участке комплекс геофизических и геохимических работ позволил локализовать наиболее перспективные участки для проведения последующих высокоточных сейсморазведочных работ. Успешность поисково-разведочного бурения при таком походе повышается. При этом стоимость комплекса выполненных работ более чем в 3 раза ниже стоимости традиционно предусмотренных сейсморазведочных работ МОГТ 2D.

Список литературы

1. Пат. 2428723 РФ. Способ поиска углеводородов в битуминозных глинистых отложениях / А.Д. Коробов, Л.А. Коробова; патентообладатель ООО «Инженерно-геофизическая компания». – № 2009142473/28; заявл. 19.11.09; опубл. 10.09.11.
2. Дифференцированный подход к оценке ресурсной базы нефтематеринских отложений / А.Д. Алексеев, А.А. Антоненко, В.В. Жуков, К.В. Стрижнев // SPE 182074. – 2016.
3. Пат. 2596181 РФ. Способ поиска залежей углеводородов в нетрадиционных коллекторах баженновской свиты / А.А. Вашкевич, К.В. Стрижнев, Д.Е. Заграновская, В.В. Жуков; патентообладатель ООО «Газпром-нефть НТЦ». – № 2015119737/28; заявл. 25.05.15; опубл. 27.08.16.
4. Стрижнев К.В., Заграновская Д.Е., Жуков В.В. Выделение перспективных нефтегазоносных площадей для нетрадиционных коллекторов баженновской свиты // Недропользование XXI век. – 2015. – №1. – С. 120–129.

References

1. Patent no. 2428723 RF. Method of searching for hydrocarbon deposits in bituminous argillaceous deposits, Inventors: Korobov A.D., Korobova L.A.
2. Alekseev A.D., Antonenko A.A., Zhukov V.V., Strizhnev K.V., The differentiated approach of the reserves estimation for source rock formations (In Russ.), SPE 182074, 2016.
3. Patent no. 2596181 RF. Method of searching for hydrocarbon deposits in non-conventional reservoir rocks of Bazhenov group, Inventors: Vashkevich A.A., Strizhnev K.V., Zagranovskaya D.E., Zhukov V.V.
4. Strizhnev K.V., Zagranovskaya D.E., Zhukov V.V., Selection of promising oil and gas bearing area formations for unconventional reservoirs Bazhenov Suite (In Russ.), Nedropol'zovanie XXI vek, 2015, no. 1, pp. 46 - 51.
5. Slepak Z.M., Gravitrazvedka v nefyanoy geologii (Gravity prospecting in petroleum geology), Kazan: Publ. of KSU, 2005, 224 p.