

Шкутина Т.Е., Налимова Н.А., Костров Ю.В., Хмарин Э.К.

ООО «РН-СахалинНИПИморнефть», Южно-Сахалинск, Россия, tatyanashkutinaaaa@gmail.com,
nanalimova@sakhnipi.ru, kos-geo@yandex.ru, e.khmarin@gmail.com

ПЕРСПЕКТИВЫ ОТКРЫТИЯ НОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УГЛЕВОДОРОДОВ НА ТЕРРИТОРИИ ПОГРАНИЧНОГО ПРОГИБА О. САХАЛИН

Приведена краткая геолого-геофизическая характеристика Пограничного прогиба. Рассмотрены основные результаты полевой экспедиции 2017 г. Выделены углеводородные системы, представляющие поисковый интерес для выявления потенциальных ловушек на суше о. Сахалин. Выполненная ресурсная оценка свидетельствует о высоком углеводородном потенциале сухопутной части Пограничного прогиба.

Ключевые слова: углеводородная система, вероятностная оценка ресурсов углеводородов, перспективы нефтегазоносности, Пограничный прогиб, остров Сахалин.

На сегодняшний день на суше всё реже открывают крупные месторождения углеводородов (УВ). Как правило, новые залежи нефти и газа обнаруживаются всё в более удаленных и труднодоступных районах суши и шельфа. В свою очередь, геологоразведка и добыча УВ на шельфе требуют огромных капитальных вложений. В связи с этим, приобретает особое значение открытие новых перспективных нефтегазовых районов на суше.

Одними из наиболее доступных и менее затратных исследований на о. Сахалин, где выходят на дневную поверхность горные породы – элементы УВ-систем, являются полевые поисковые работы, при проведении которых проводится описание и опробование всех стратиграфических подразделений для дальнейшего проведения комплекса лабораторных исследований.

В 2017 г. одним из объектов таких исследований стал Пограничный прогиб на восточном побережье центрального Сахалина (рис. 1).

Целью его изучения является выявление перспектив нефтегазоносности суши Пограничного бассейна для расширения ресурсной базы.

В ходе исследования выполнены анализ и обобщение геолого-геофизической информации на участке проектируемых работ с учетом новых полевых данных 2017 г.; выделение потенциальных УВ-систем; анализ условий нефтегазоносности резервуарных комплексов; оценка ресурсного потенциала и анализ геологических рисков участка.

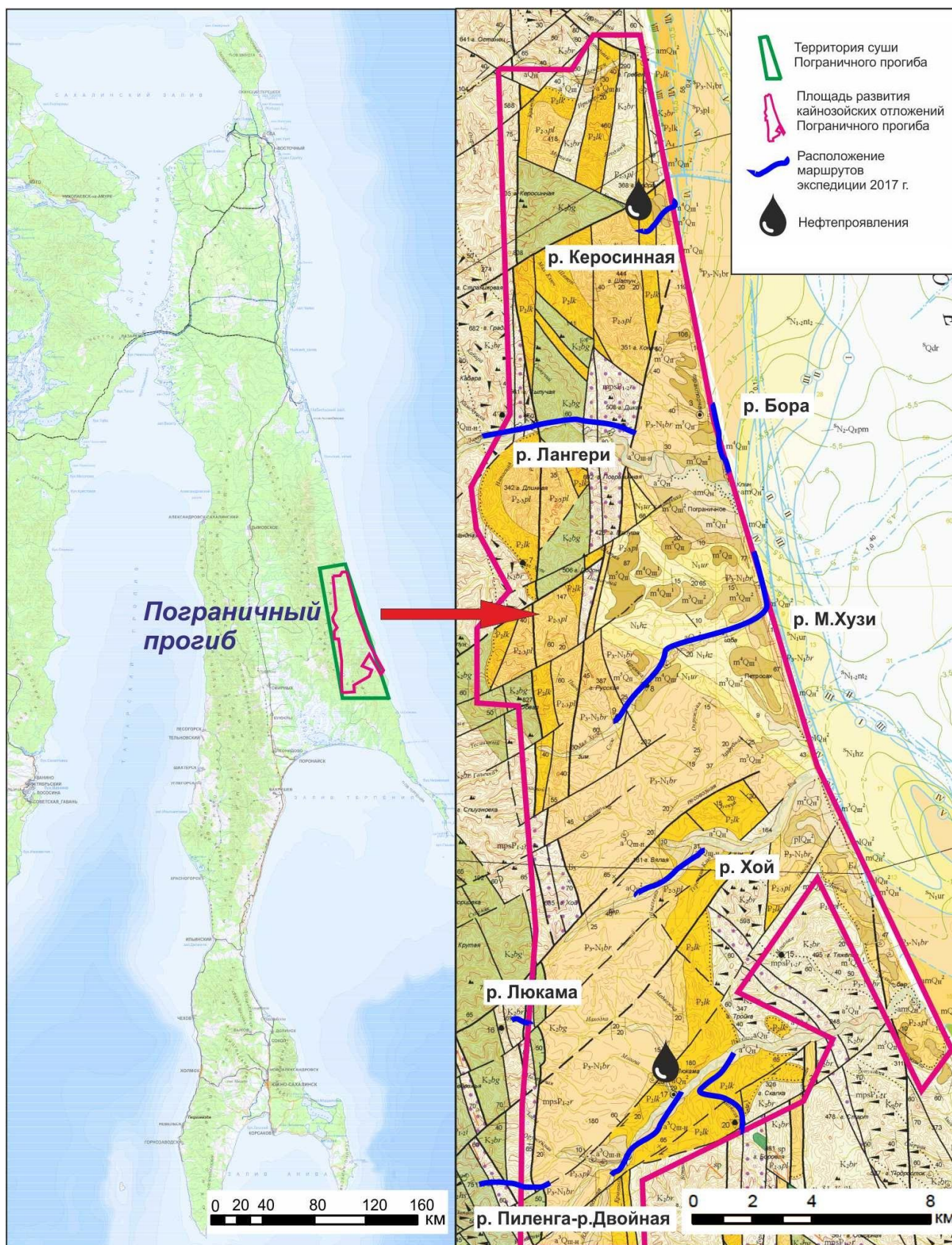


Рис. 1. Схема расположения маршрутов полевых работ 2017 г. на территории суши Пограничного прогиба

Геолого-геофизическая изученность

Глубокое поисковое бурение в Пограничном прогибе проводилось с 1971 г., сейсморазведочные работы – с 1974 г.

За период с 1971 по 1982 гг. ПГО «Сахалингеология» в прогибе пробурены 36 глубоких скважин, общим метражом 73326 пог. м. Основной объем бурения при этом выполнен в береговой части прогиба, на Окружной и Хузинской площадях.

Сейсмическими работами 2D масштаба 1:50000 к 1979 г. в пределах суши охвачена практически вся территория прогиба.

В пределах Пограничного прогиба проводились так же магниторазведочные работы, электроразведочные работы методом ВЭЗ и МТЗ, гравиразведочные работы и геохимические исследования.

С 1993 г. поисковые работы на территории прогиба ведутся недропользователем – АО «Петросах».

В Пограничном прогибе в 1972 г. открыто и разведано единственное на настоящее время месторождение нефти - Окружное, связанное с массивной залежью в трещинно-поровых глинисто-кремнистых коллекторах пиленгской (P_{3pn}) и борской (N_{1br}) свит. Несмотря на значительный объем и полноту комплекса методов исследований бурение на других локальных структурах к поисковому успеху не привело. Здесь важно отметить, что по имеющимся данным пиленгская свита большинством пробуренных скважин не вскрыта или вскрыта не до подошвы. Основная информация о составе и строении пиленгской свиты получена по результатам изучения естественных обнажений горных пород.

Геологическое строение участка работ

Пограничный прогиб в структурно-тектоническом плане представляет собой сдвиго-раздвиговую структуру. Отложения кайнозойского структурного этажа с резким угловым и стратиграфическим несогласиями залегают на образованиях мезозойского этажа. Основание нижнего яруса сложено эоценовой угленосной молассой (люкаминская свита), сменившейся вверх по разрезу опоковой и кремнисто-глинистой формациями окраинного междугового бассейна (пиленгская и борская свиты). Верхний ярус представлен отложениями песчано-глинистой формации миоценового возраста (уранайская и хузинская свиты), на шельфе достраивается плиоценовыми отложениями лиманской свиты [Гладенков и др., 2002; Геологическая карта..., 2016].

Изученный бурением разрез Пограничного прогиба представлен отложениями верхнего мела - плиоцена. В разрезе преобладают аргиллиты, алевролиты, песчаники, кремнистые породы.

Краткие сведения о результатах полевой экспедиции 2017 г.

В результате полевой экспедиции 2017 г. на территории Пограничного прогиба всего изучено 10 нефтепроявлений, из них 8 - по р. Керосинная в отложениях пиленгской и борской свит, 1 - в борской свите, 1 нефтепроявление встречено в углях люкаминской свиты.

Наиболее интересным оказалось нефтепроявление в отложениях пиленгской (олигоцен) свиты на р. Керосинная (рис. 2). Ранее это нефтепроявление не обнаружено. По результатам полевых замеров дебит нефтесодержащей жидкости составил 1 л/мин (= 1,44 т/с). Учитывая такой объем дебита на поверхности без пластовой энергии, это может говорить о возможных высоких добычных возможностях пласта. Встреченное нефтепроявление подтверждает перспективы отложений верхов пиленгской и низов борской свит при наличии условий для развития трещиноватости в перспективных ловушках.



Рис. 2. Фотография нефтепроявления в отложениях пиленгской свиты на р. Керосинная

Одно из открытых нефтепроявлений является принципиально новым. Проявление зафиксировано в отложениях угля эоценового возраста (люкаминская свита) на р. Люкама (рис. 3). В правом борту долины реки в коренном выходе углей люкаминской свиты ощущался запах нефти. Далее у уреза воды замечена пленка нефти с иризацией. Поступление УВ усилилось после зачистки обнажения, угли пропитаны нефтью. Ранее эоценовые отложения в Пограничном прогибе считались перспективными только на газ. Присутствие жидких УВ в отложениях люкаминской свиты свидетельствует о потенциальных нефтегенерирующих свойствах углей эоценового комплекса. Так как люкаминская свита не изучена бурением, полученные данные по обнажениям имеют важное значение для оценки УВ-потенциала этой толщи.



Рис. 3. Фотография нефтепроявления в углях люкаминской свиты на р. Люкама

Потенциальные углеводородные системы в пределах Пограничного прогиба

Под УВ-системами понимается совокупность пространственно-временных геологических и геохимических факторов, обусловивших возможность генерации, миграции и аккумуляции УВ. В исследуемом районе присутствуют все необходимые элементы для формирования УВ-систем, такие как ловушки, нефтематеринские свиты, коллекторские толщи, флюидоупоры.

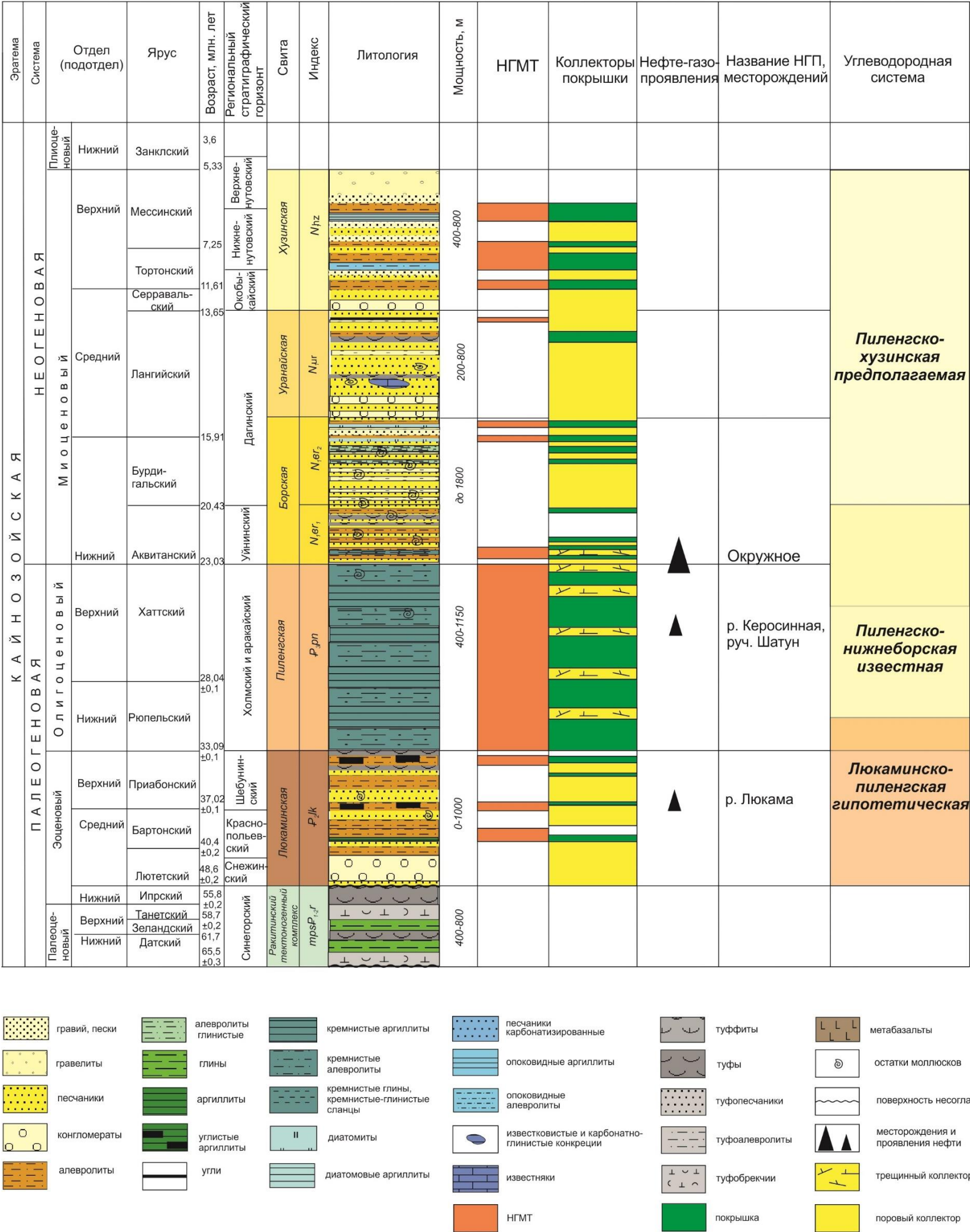
Комплекс названных критериев позволяет выделить в пределах изученной островной части Пограничного прогиба три УВ-системы: пиленгско-хузинскую, пиленгско-нижнеборскую и люкаминско-пиленгскую (табл. 1, рис. 4).

Достоверность выделяемой УВ-системы определяется степенью коррелируемости состава нефтей/газов с нефтегазоматеринскими породами [Лопатин, 2006]. Под «известной» УВ-системой понимают такую систему, в которой геохимическими корреляциями подтверждена генетическая связь между составом нефти и нефтематеринскими породами. К «гипотетической» относят систему, где выявлено только присутствие нефтематеринских отложений, свойства которых можно определить аналитическими исследованиями. «Предполагаемая» УВ-система подразумевает такую систему, в которой исследована материнская порода, но пока не ясны элементы, связанные с аккумуляцией сгенерированных ею УВ.

Таблица 1

Генерационно-аккумуляционные углеводородные системы Пограничного прогиба

Название УВ-системы	Материнские отложения (продукт)	Коллекторские толщи	Покрышка	Ловушки	Достоверность
<i>Пиленгско-хузинская</i>	Кремнистые аргиллиты и силициты пиленгской свиты (нефть, газ)	Песчаники уранайской и лиманской свит	Алевролиты хузинской свиты/ или четвертичных и верхнеплиоценовых отложений	Структурные, литологические	Предполагаемая
<i>Пиленгско-нижнеборская</i>	Кремнистые аргиллиты и силициты пиленгской свиты (нефть)	Трещиноватые силициты пиленгской свиты и алевролиты борской свиты	Нетрещиноватые силициты/ глинистые алевролиты борской свиты	Структурные, структурно-тектонические	Известная
<i>Люкаминско-пиленгская</i>	Углистые породы люкаминской свиты, силициты учирской свиты (газ), аргиллиты ольдонской свиты	Песчаники люкаминской свиты	Глины люкаминской свиты, глинисто-кремнистые породы подошвы пиленгской свиты	Структурные	Гипотетическая



Пиленгско-хузинская УВ-система

Предполагаемая пиленгско-хузинская УВ-система имеет перспективы преимущественно для шельфовой части прогиба, где в связи с глинизацией возможно образование покрышек в верхней части разреза.

В шельфовой части Пограничного прогиба кайнозойский разрез суши завершается плиоценовыми отложениями лиманской свиты, представленной глинистыми песчаниками и гравелитами. Хорошим потенциалом обладают коллекторы уранайской (нижний-средний миоцен) и лиманской свит. Они могут экранироваться глинистыми алевролитами хузинской свиты и илами более молодых образований. Развитие покрышек в морской части пограничного прогиба подтверждается разрезом Борисовской скважины. В устье р. Синдокан встречены глины в поле развития лиманской свиты. Нефтематеринской породой выступают нижележащие кремнистые аргиллиты, силициты пиленгской свиты и, возможно, угли люкаминской свиты.

В Пограничном прогибе широко развиты дизъюнктивные дислокации, которые могут служить путями миграции для УВ из палеогеновых УВ-систем в миоценовые мощные коллекторские толщи.

Пиленгско-нижнеборская УВ-система

УВ-система является известной, так как на молекулярном уровне установлена связь автохтонных битумоидов силицитов и кремнистых аргиллитов пиленгской свиты и находящихся в трещинах жидких УВ. Существует генетическая связь с нефтями месторождения Окружного [Астафьев и др., 1997]. На Окружном месторождении высокими добычными возможностями обладают трещинные и порово-трещинные коллекторы. Дебиты в наиболее раздробленных участках составляют до 200 т/с. Дебит источника нефти в закопушке (р. Керосинная) - 1 л/мин, что является очень высоким показателем без участия пластовой энергии. Коллекторами для УВ-системы выступают кремнистые трещинные и порово-трещинные отложения борской и верхней части пиленгской свит. По данным [Геологическая карта..., 2016] трещинная проницаемость коллекторов пиленгской свиты достигает до 945 Мд. Установленными нефтематеринскими свойствами обладают кремнистые аргиллиты и силициты пиленгской свиты с содержанием органического вещества до 3,89% и генетическим потенциалом до 2,76 мгУВ/г породы (категория «хороших нефтематеринских пород»). Потенциальные залежи УВ, связанные с пиленгско-борской УВ-системой, приурочены к литолого-стратиграфическим ловушкам.

Люкаминско-пиленгская УВ-система

После открытия нефтепроявления в углях люкаминской свиты стало возможным предполагать люкаминско-пиленгскую УВ-систему. Так как люкаминская свита бурением не

вскрыта, то ее выделение базируется на основе изучения выходящих на дневную поверхность отложений.

Нефтематеринскими свойствами обладают угли люкаминской свиты (верхний-средний эоцен) с высоким генетическим потенциалом - более 10 мгУВ/г породы (категория «очень хороших нефтематеринских пород»), что обусловлено высокими концентрациями органического вещества – в среднем 30,48% и присутствием в составе липидных компонентов, на что указывают повышенные значения водородного индекса HI - до 414 мгУВ/г породы. В ходе экспедиции встречена небольшая видимая мощность в обнажениях, что может свидетельствовать о незначительном объеме генерируемых УВ. Суммарно общая мощность угольных пластов составляет до 5 м. Коллекторы люкаминской свиты представлены пластами песчаников прибрежно-морских с присутствием углистых включений. В качестве покрышки выступают пласты аргиллитов и глин мощностью от нескольких метров до 10 м. Верхним региональным флюидоупором могут служить нетрециноватые кремнисто-терригенные породы пиленгской свиты.

Оценка ресурсов Пограничного прогиба

По результатам анализа геологических материалов, полученных в результате сейсморазведочных работ 2D прошлых лет, в пределах суши Пограничного прогиба выделены наиболее крупные перспективные структуры (рис. 5), для которых выполнена вероятностная оценка ресурсов УВ.

Вероятностный метод оценки ресурсов УВ производится на основе объемного метода, где каждый параметр, участвующий в формуле подсчета ресурсов, рассматривается как случайная величина, а значения ресурсов – как функция этих случайных параметров. При оценке ресурсов вероятностным методом каждый подсчетный параметр (площадь, толщина, пористость, нефтенасыщенность и т.д.) задается в виде распределения, то есть набором значений с разной вероятностью. Параметры и тип распределений обосновываются фактическими данными по открытым месторождениям – аналогам.

При расчете ресурсов структурно-тектонических ловушек пиленгско-борской свиты использованы подсчетные параметры по месторождению-аналогу Окружное, а люкаминско-пиленгской свиты - подсчетные параметры по пластам дагинской свиты месторождения Набиль. Осадконакопление как дагинских, так и люкаминских отложений происходило в схожих условиях прибрежной низменности, периодически заливаемой морем. Кроме того, Набиль является ближайшим месторождением к Пограничному прогибу.



Ниже представлены результаты ресурсной оценки в структурно-тектонических ловушках (рис. 6).

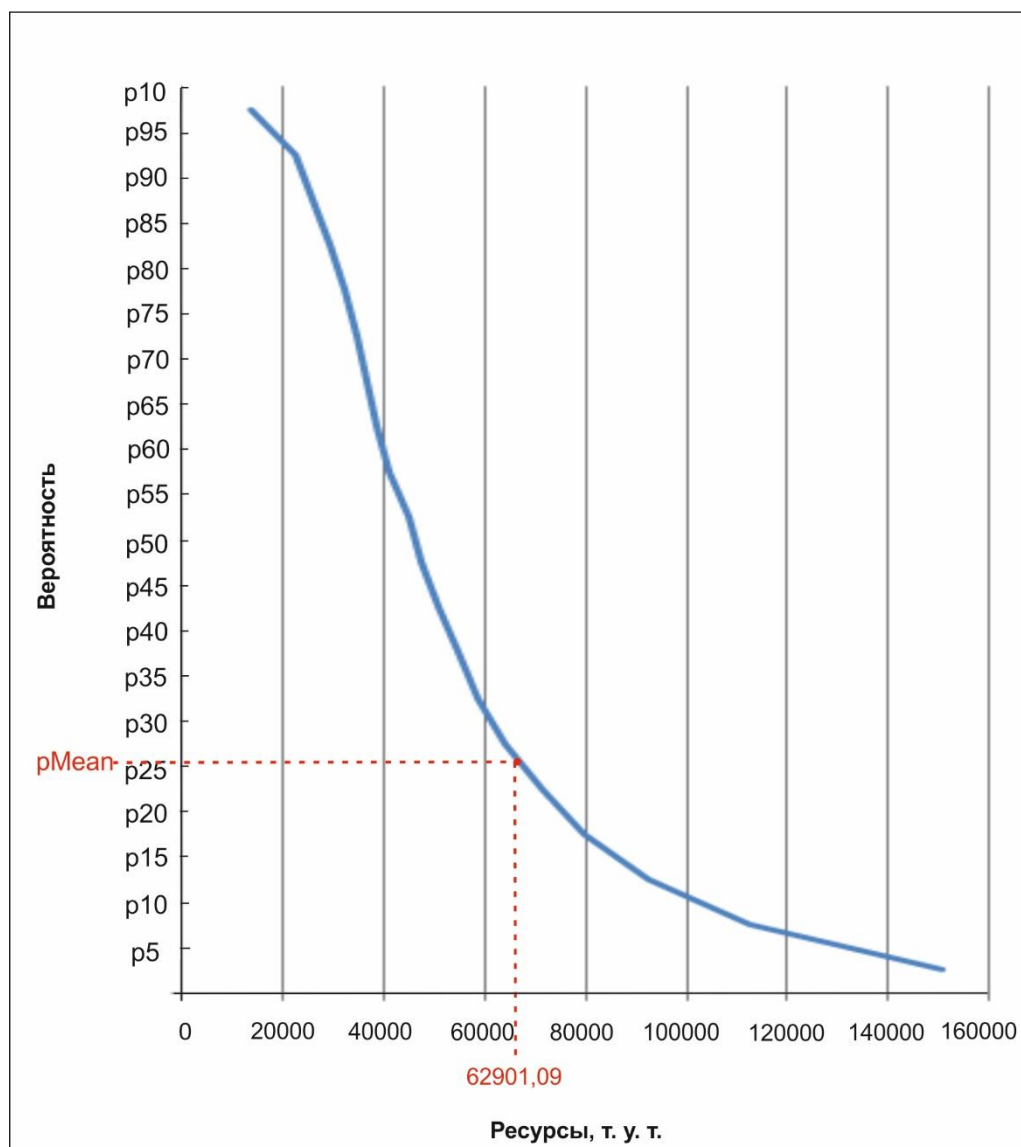


Рис. 6. График результатов ресурсной оценки углеводородов в структурно-тектонических ловушках

Для перспективных литолого-стратиграфических ловушек в трещинных коллекторах пиленгской свиты (см. рис. 5) оценка ресурсов выполнена по плотности начальных суммарных ресурсов на единицу площади зоны нефтегазонакопления. Применение рассматриваемого способа опирается на зависимость плотности локализованных ресурсов (q_l) месторождения (на единицу площади ловушки) от зональной плотности (q_z) начальных потенциальных ресурсов (на единицу площади зоны нефтегазонокопления), установленную по зонам нефтегазонакопления с доказанной промышленной нефтегазоносностью. Данный метод разработан в ООО «РН-СахалинНИПИморнефть» Э.Г. Кобловым в 1992 г. и применялся в производственных целях для оценки ресурсов выявленных ловушек уже на стадии

региональных исследований.

Используя известные данные о плотности зональных ресурсов для Пограничной НГЗ и зависимости плотности локализованных ресурсов от плотности начальных суммарных ресурсов (рис. 7), разработанные предыдущими исследователями, выполнена оценка ресурсов литолого-стратиграфических ловушек в трещинных коллекторах пиленгской свиты.

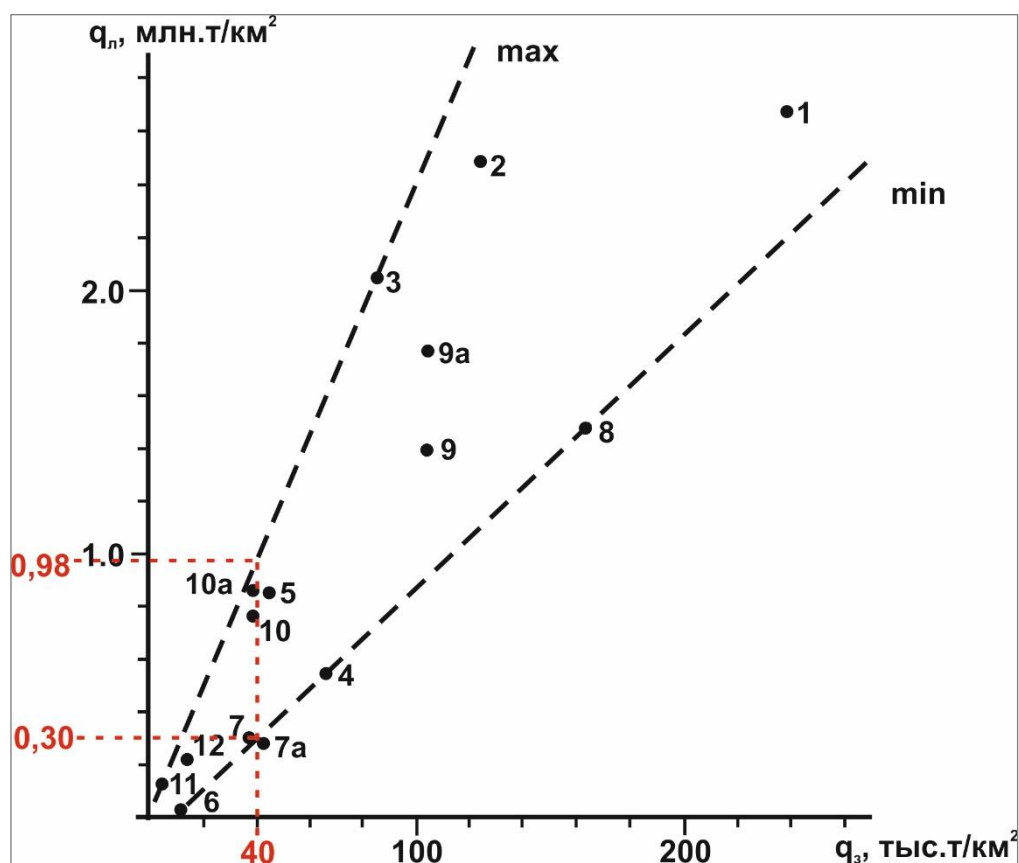


Рис. 7. График зависимости плотности локализованных ресурсов от плотности начальных суммарных ресурсов нефтегазоносной зоны

q_n – плотность запасов на единицу площади ловушки; q_z – плотность ресурсов на единицу площади зоны; нефтегазоносные зоны: 1 - Охино-Эхабинская; 2 - Паромайско-Чайвинская; 3 - Восточно-Дагинская; 4 - Волчинско-Сабинская; 5 - Гыргыланьинская (восток); 6 - Гыргыланьинская (запад); 7 - Астрахановская; 7a - Астрахановская (месторождения); 8 - Одоптинская; 9 - Ныйская; 9a - Ныйская (месторождения); 10 - Луньско-Пограничная; 10a - Луньско-Пограничная (месторождения); 11 - Аниевская; 12 - Красногорская.

Суммарная оценка локализованных ресурсов нефти по всем выделенным типам ловушек в объеме пиленгско-хузинской и люкаминско-пиленгской УВ-систем на территории Пограничного прогиба составляет 429,401 млн. т, что позволяет сделать вывод о высокой нефтеперспективности исследуемого участка.

При создании геологической карты масштаба 1:200000 в 2016 г. выполнена оценка ресурсов Пограничной зоны нефтегазонакопления, по результатам которой прогнозные ресурсы УВ оценены в 5,2 млн. т у. т. [Геологическая карта..., 2016]. Такая разница в

актуальной величине ресурсов, в первую очередь, обусловлена тем, что ранее не учитывался генерационный потенциал люкаминской свиты, что стало возможным после открытия нефтепроявления в углях люкаминской свиты в ходе полевой экспедиции 2017 г.

Заключение

Полевые исследования, проведенные в пределах Пограничного осадочного бассейна, позволили получить новые данные, уточняющие перспективы участка работ. Впервые открытое нефтепроявление на р. Люкама позволяет рассматривать угли люкаминской свиты как возможно нефтегенерирующие, что подтверждается аналитическими исследованиями:

Выделены основные потенциальные УВ-системы и ранжированы по степени их достоверности на «известную» (пиленгско-нижнеборская), «гипотетическую» (люкаминско-пиленгская) и «предполагаемую» (пиленгско-хузинская). Первые две представляют поисковый интерес для выявления потенциальных ловушек на суше о. Сахалин. Люкаминско-пиленгская УВ-система выделена впервые.

Ресурсная оценка, выполненная с учетом новых данных, свидетельствует о высоком УВ-потенциале сухопутной части Пограничного прогиба, но для успешных поисков залежей УВ и их разработки в мощных кремнистых толщах требуется проведение опытно-методических работ.

Литература

Астафьев В.Н., Деревскова Н.А., Сальников Б.А., Харахинов В.В., Хлебников П.А. Геология и разработка месторождений нефти и газа Сахалина и шельфа. – М.: «Научный мир», 1997. – С. 81-106.

Геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200000. Издание второе. Серия Сахалинская. Лист М-54-XVIII (Пограничное). Объяснительная записка. – М.: Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2016. – 187 с.

Гладенков Ю.Б., Баженова О.К., Гречин В.И., Маргулис Л.С., Сальников Б.А. Кайнозой Сахалина и его нефтегазоносность. – М.: «ГЕОС», 2002. – 225 с.

Лопатин Н.В. Концепция нефтегазовых генерационно-аккумуляционных систем как интегрирующее начало в обосновании поисково-разведочных работ // Геоинформатика. – 2006. – №3. – С. 101-120.

Shkutina T.E., Nalimova N.A., Kostrov Yu.V., Khmarin E.K.

LLC «RN-SakhalinNIPImorneft», Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, tatyanashkutinaaaa@gmail.com,
nanalimova@sakhnipi.ru, kos-geo@yandex.ru, e.khmarin@gmail.com

PROSPECTS OF HYDROCARBON ACCUMULATIONS IN THE POGRANICHNY ARCH AREA OF SAKHALIN ISLAND

The paper presents a brief geological and geophysical characteristic of the Pogranichny arch. The main results of the field expedition 2017 have been considered. Petroleum systems for potential hydrocarbon traps identification on the land of Sakhalin Island have been allocated. The performed resource assessment indicates a high hydrocarbon potential of the land part of the Pogranichny arch.

Keywords: petroleum system, probabilistic hydrocarbon resources assessment, petroleum prospects, Pogranichny arch, Sakhalin Island.

References

Astaf'ev V.N., Derevskova N.A., Sal'nikov B.A., Kharakhinov V.V., Khlebnikov P.A. *Geologiya i razrabotka mestorozhdeniy nefi i gaza Sakhalina i shel'fa* [Geology and development activity of oil and gas fields of Sakhalin and its shelf]. Moscow, Nauchnyy mir, 1997, pp. 81-106.

Geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii masshtaba 1:200000. Izdanie vtoroe. Seriya Sakhalinskaya. List M-54-XVIII (Pogranichnoe). Ob'yasnitel'naya zapiska [Geological map of the Russian Federation on a scale of 1:200000. 2nd Edition. Sakhalin series. Sheet M-54-XVIII (Pogranichnoye). Explanatory Letter]. Moscow: Moskovskiy filial FGBU «VSEGEI», 2016, 187 p.

Gladenkov Yu.B., Bazhenova O.K., Grechin V.I., Margulis L.S., Sal'nikov B.A. *Kaynozoy Sakhalina i ego neftegazonosnost'* [The Cenozoic Sakhalin and its petroleum potential]. Moscow, GEOS, 2002, 225 p.

Lopatin N.V. *Kontseptsiya neftegazovykh generatsionno-akkumulyatsionnykh sistem kak integriruyushchee nachalo v obosnovanii poiskovo-razvedochnykh rabot* [The concept of oil and gas generation and accumulation storage systems as an integrating beginning in the justification of exploration projects]. Geoinformatika, 2006, no. 3, pp. 101-120.

© Шкутина Т.Е., Налимова Н.А., Костров Ю.В., Хмарин Э.К., 2020