

## ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ НЕФТЕГАЗОНОСНОСТИ НЕОГЕНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЮЖНОГО СЕГМЕНТА КУРИЛЬСКОЙ ОСТРОВОДУЖНОЙ СИСТЕМЫ

Н. С. Крикун<sup>\*,1,2</sup> , И. А. Бабенко<sup>1</sup> , И. В. Таловина<sup>1</sup> , и А. М. Дурягина<sup>3</sup> <sup>1</sup> Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского, Санкт-Петербург, Россия<sup>3</sup> Технический университет Фрайбергская горная академия, Фрайберг, Германия\* **Контакт:** Крикун Никита Сергеевич, nskrikun@gmail.com

В статье представлен обзор современного состояния изученности особенностей геологического строения и нефтегазоносности южного сегмента Курильской островодужной системы, дополненный результатами собственных наблюдений. Расширение минерально-сырьевой базы удаленных регионов играет важную роль для их экономического развития. Нефтегазоносность Южных Курил является предметом множественных дискуссий. На основе анализа накопленных и полученных авторами данных уточнены особенности геологического строения южных островов Большой Курильской гряды. В потенциально нефтегазоносных неогеновых отложениях на основании прямых и косвенных признаков выделен верхнемиоцен-плиоценовый перспективный нефтегазоносный комплекс, в котором возможно формирование литологических и структурных ловушек. В результате сравнительного анализа перспективных отложений островной суши, акватории Срединно-Курильского прогиба и смежных объектов Северо-Западной Пацифики предполагается возможная нефтегазоносность пород фундамента островной дуги. Выделены наиболее перспективные участки с точки зрения нефтегазоносности на суше и акватории, которыми являются Куйбышевский блок, расположенный на о. Итуруп, и залив Касатка Срединно-Курильского прогиба, соответственно.

**Ключевые слова:** Курильская островная дуга, Итуруп, Кунашир, объекты литологического типа, нефтегазоносность кайнозойских отложений, Срединно-Курильский прогиб.

**Цитирование:** Крикун, Н. С., И. А. Бабенко, И. В. Таловина, и А. М. Дурягина Особенности геологического строения и перспективы нефтегазоносности неогеновых отложений южного сегмента Курильской островодужной системы // Russian Journal of Earth Sciences. — 2024. — Т. 24. — ES2001. — DOI: 10.2205/2024es000905 — EDN: MRFSKL

### Введение

Геологическое изучение Курильских островов отечественными специалистами началось со второй половины XX в. Несмотря на то, что в пределах островодужных систем северо-западной Пацифики выявлены крупные проявления углеводородов [Хайн и Полякова, 2004], перспективы нефтегазоносности Курильской островной дуги до сих пор остаются вопросом дискуссионным. На данном момент открытие крупных перспективных объектов преимущественно возможно в шельфовых зонах [Egorov et al., 2021; Mingaleva et al., 2022; Prischepa et al., 2021]. Тем не менее, результаты последних геофизических работ, преимущественно морских [Ильев и др., 2009; Кровушкина и др., 2005], свидетельствуют о существовании возможных нефтегазоносных структур и потенциальной нефтегазоносности Курильской котловины. Кроме того, существует ряд геолого-геофизических предпосылок, указывающих на благоприятные условия для формирования и накопления углеводородов в пределах островной суши. На участке парогидротерм Горячий пляж (о. Кунашир) в керне скважин были обнаружены

<https://elibrary.ru/mrfskl>

Получено: 4 октября 2023 г.

Принято: 5 марта 2024 г.

Опубликовано: 18 марта 2024 г.



© 2024. Коллектив авторов.

углеводороды нефтяного ряда, а в метасоматитах горы Шульга (о. Кунашир) – высокомолекулярные углеводороды парафинового ряда [Дуничев и Севостьянов, 1968; Дуничев и др., 1974]. Кроме того, газовая составляющая термальных источников на острове Итуруп (Горячие Ключи) содержит до 58 % метана, а в термальных водах Столбовских источников на острове Кунашир помимо метана (11,95 %) присутствуют тяжелые углеводороды (0,3 %) [Дуничев и Табояков, 1974]. Важно отметить, что изучение и расширение минерально-сырьевой базы удаленного и стратегически важного региона, которым являются Курильские острова, способно привести к его экономическому росту и развитию [Aleksandrova и др., 2022; Litvinenko и Sergeev, 2019; Shishkin et al., 2022].

Данная работа посвящена изучению потенциала нефтегазоносности и уточнению геологического строения неогеновой части разреза островов Кунашир и Итуруп. Для достижения данной цели были решены следующие задачи: уточнение особенностей литологического состава неогеновых отложений территории, их фильтрационно-емкостных свойств; выделение перспективных нефтегазоносных комплексов; сравнительный анализ перспективных отложений островной суши, акватории Срединно-Курильского прогиба и смежных объектов Северо-Западной Пацифики; определение стратегии дальнейшего изучения перспективных объектов.

### Геологическое строение района

Курильская островная дуга, расположенная в северо-западной части Тихого океана, представляет собой дугообразную цепь островов, которые венчают вытянутое подводное поднятие и отделяют Курильскую котловину от глубоководного Курило-Камчатского желоба [Авдейко и др., 2000; Schellart et al., 2003]. В составе Курильской островодужной системы можно выделить вулканическую (Большая Курильская гряда) и невулканическую (Малая Курильская гряда и подводный хребет Витязя) дуги, которые отделены друг от друга Срединно-Курильским прогибом (рис. 1).

Наиболее древние меловые и палеогеновые отложения на поверхности закартированы в пределах Малых Курил. Предполагается, что они также формируют нижнюю часть разреза осадочного чехла Срединно-Курильского прогиба и перекрываются средне(?)–верхнемиоценовыми отложениями, сформировавшимися в морских осадочных бассейнах, и аналогичными мел-палеогеновым образованиям восточного Хоккайдо [Hanagata and Hiramatsu, 2005].

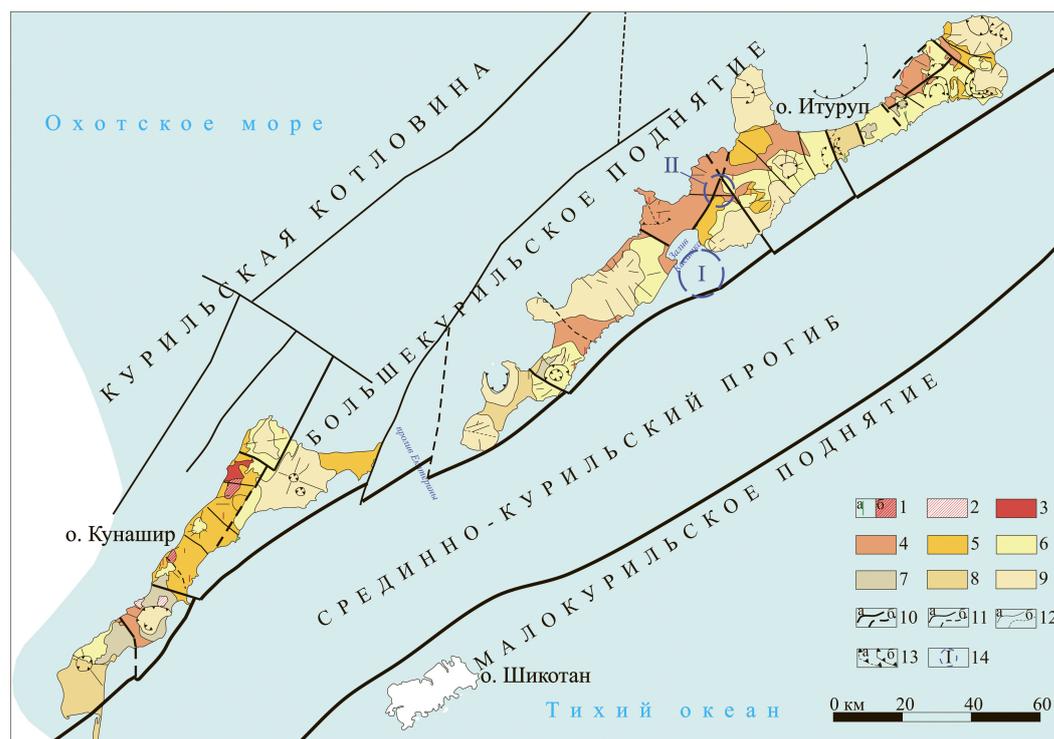
По поводу геологического разреза образований, выходы которых закартированы на островах Большой Курильской гряды, существуют две точки зрения. Согласно первой, в геологическом строении островов принимают участие преимущественно вулканогенные образования миоцен-четвертичного возраста [Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000, 2002; Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000, 2008; Talovina et al., 2022].

Геологический разрез островной суши представлен стратифицированными неоген-четвертичными образованиями, в основном вулканогенно-осадочного, вулканогенно-кластического и осадочного по [Богатиков и др., 2008] генезиса, которые прорваны комагматическими субвулканическими и экструзивно-жерловыми телами (рис. 1).

Нижняя часть разреза неогеновых пород содержит дислоцированные отложения рыбаковской (верхнемиоцен(?)–нижнеплиоценовой) свиты, включающей фациально-изменчивые основные, средние и, в меньшей степени, кислые вулканические и вулканогенно-осадочные породы (рис. 2). Рыбаковская свита перекрыта плиоценовой камуйской свитой, представленной преимущественно вулканогенно-осадочными образованиями кислого состава.

Нижнеплейстоценовые платобазальты фрегатской толщи занимают промежуточное положение между неогеновыми и четвертичными породами.

Вулканисты, сформировавшиеся в четвертичный период, характеризуются пестротой петрографического состава и включают в себя базальты и андезиты богатырской толщи, а также дациты и риодациты головнинской и роковской свит.



**Рис. 1.** Упрощенная схема геологического строения южной части Курильской островной дуги (по [Ковтунович и др., 2002], с изменениями и дополнениями авторов). Условные обозначения: 1 – субвулканические образования (а – внесматбные, б – масштабируемые); 2 – экструзивно-жерловые образования четвертичного возраста; 3 – верхнемиоцен(?)–плиоценовые интрузивные образования прасоловского комплекса; 4–9 – стратифицированные вулканогенные образования: 4 – рыбаковской свиты; 5 – камуйской свиты; 6 – фрегатской толщи; 7 – головнинской свиты; 8 – роковской свиты; 9 – богатырской толщи; 10–12 – разрывные нарушения: 10 – главные; 11 – второстепенные; 12 – прочие; 13 – кольцевые структуры; 14 – перспективные участки (I – Залив Касатка; II – Куйбышевский блок).

Согласно второй точке зрения на геологическое строение Южных Курил, вулканогенными образованиями на островах Большой Курильской дуги сложена лишь верхняя часть разреза мощностью 2000–2500 м, а ниже лежат палеоген-нижнемиоценовые морские осадочные породы мощностью около 4000 м. Эти представления базируются на проведенном в 1985 г. Сахалинским ТГУ магнитотеллурическом зондировании в центральной части о. Итуруп в пределах Куйбышевского блока [Тютрин и Дуничев, 1985].

По результатам магнитотеллурического зондирования установлено, что:

- в основании разреза выделяется горизонт с очень высокими значениями электрического сопротивления пород ( $\rho_k$ ), глубина залегания которого около 6000–8000 м. Такие параметры значений  $\rho_k$  на Сахалине характерны для кристаллического фундамента;
- выше залегает мощная (3000–3500 м) низкоомная ( $\rho_k \sim 3\text{--}4 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ) толща. По аналогии с изученными разрезами Сахалина можно предположить, что данный горизонт слагают терригенные песчано-глинистые отложения;
- низкоомную толщу перекрывает горизонт повышенного электрического сопротивления ( $\rho_k \sim 30\text{--}60 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ ) мощностью 2000–2500 м, характеризующий преимущественно вулканогенные образования.

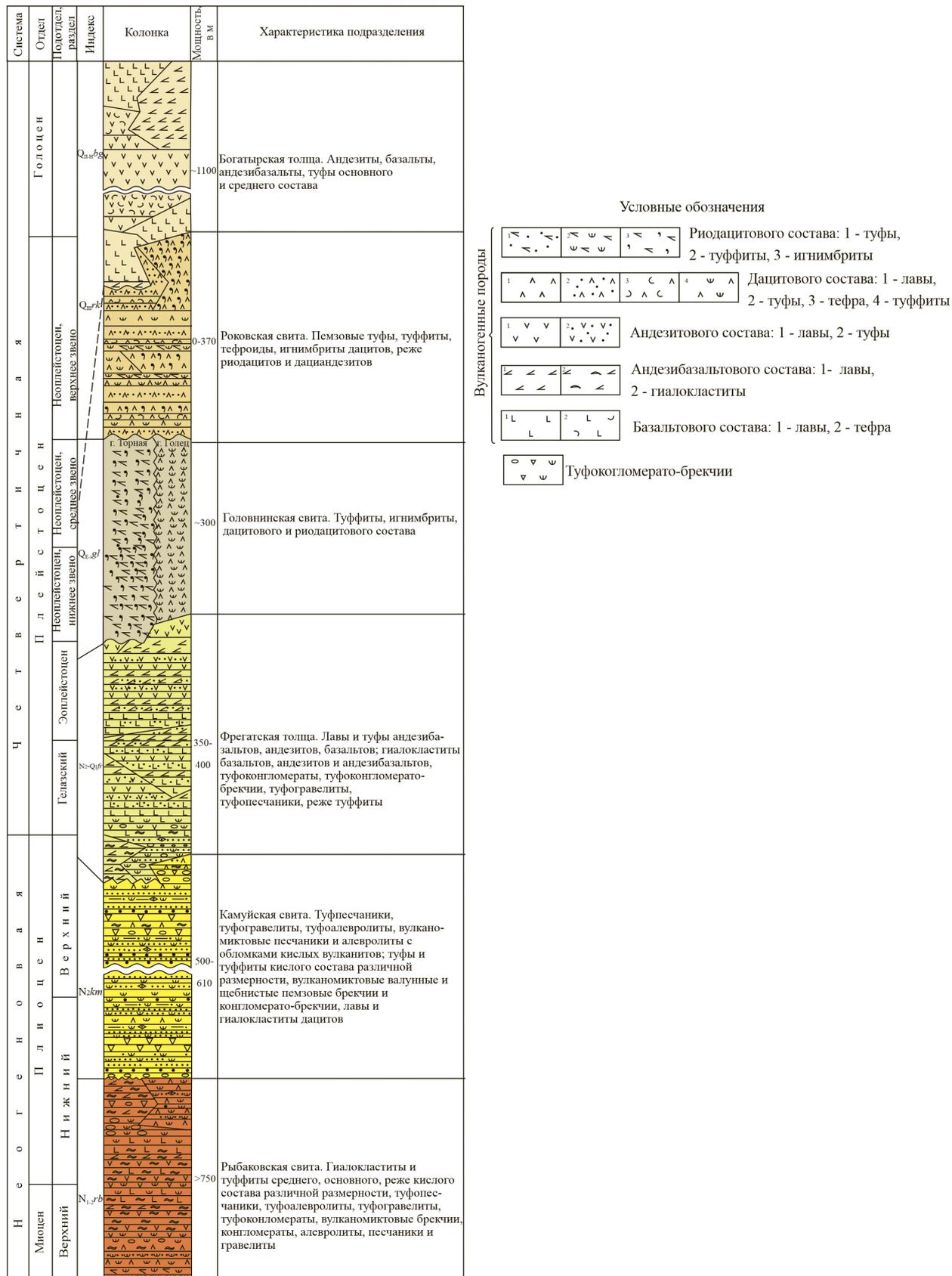


Рис. 2. Сводный стратиграфический разрез северной части о. Итуруп. Мощности указаны, согласно объяснительной записке к ГГК-200/2 [Ковтунович и др., 2002].

## Материалы и методы

В 2019–2020 гг. на исследуемой территории авторами было пройдено более 200 км геологических маршрутов в ходе подготовки третьего поколения Государственной геологической карты масштаба 1:1 000 000 (Государственное задание ФГБУ «ВСЕГЕИ» 14.01.2021 г., 49-00016-21-00, выданное Федеральным агентством по недропользованию). Полученные в ходе проведения полевых работ первичные геологические данные и каменный материал, а также другие сведения о геологическом строении района исследования, в том числе данные дистанционного зондирования, последующее сопоставление полученных данных с фондовыми отчетами и материалами, позволили авторам уточнить возраст, петрографический состав и границы геологических подразделений Южных Курил, дополнительно изучив оптико-микроскопическим методом потенциальные породы-коллекторы углеводородов.

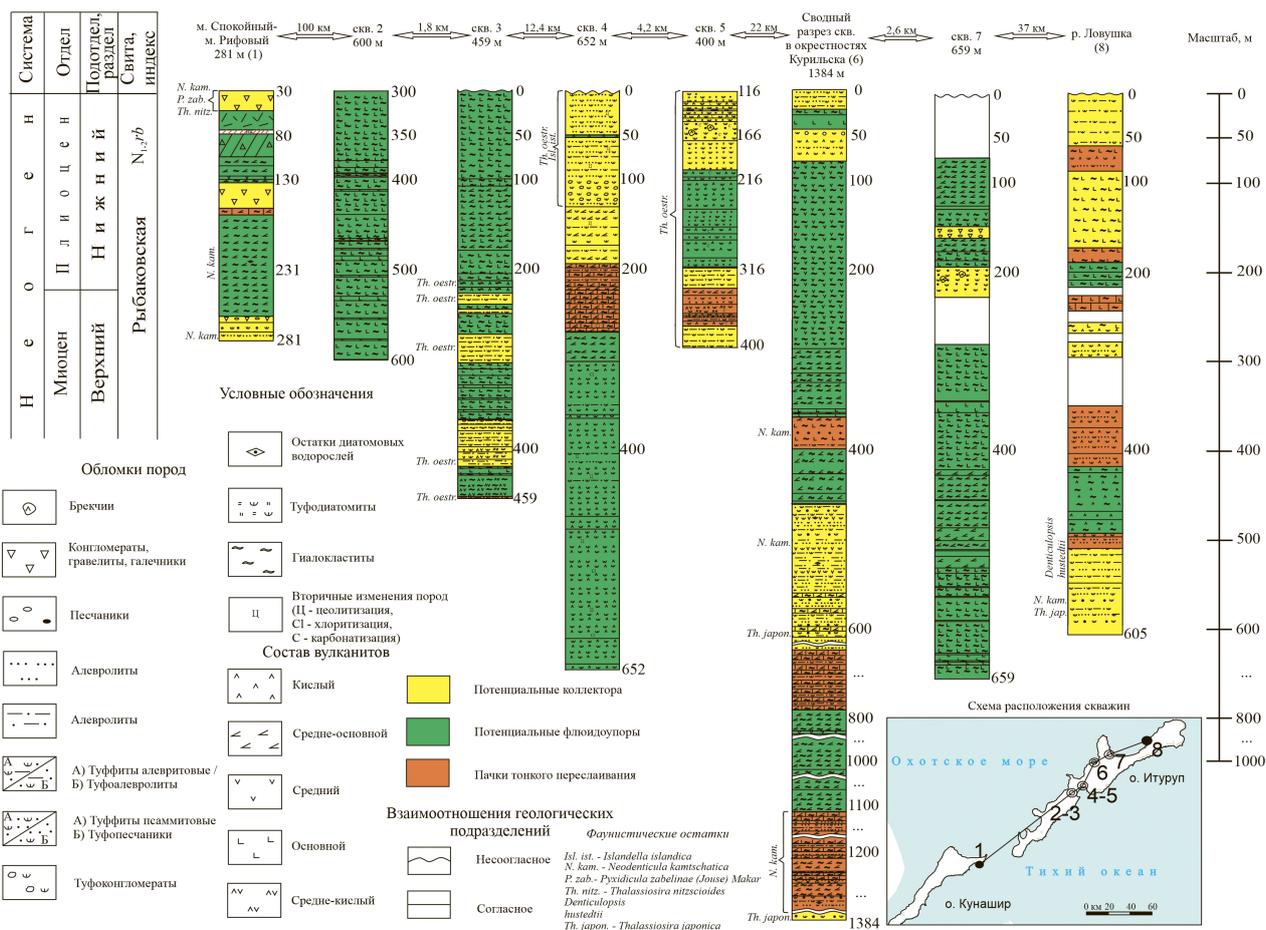
Отдельный блок работ включал в себя сбор и анализ фондовых и опубликованных данных по перспективам нефтегазоносности и геологическому строению неогеновой части разреза территории исследований. Фондовые материалы включали в себя отчеты как по региональному изучению территории, так и отчеты по поисковым и поисково-оценочным работам, разведке месторождений термальных источников. На Южных Курилах пробурено более 20 разведочных и гидрогеологических скважин, при работе с ретроспективными данными особое внимание уделялось отчетам, содержащим информацию о результатах бурения (описания керна, шлама, результаты ГИС, палеонтологического анализа) [Дуничев и Ризнич, 1967; Ковтунович и др., 2002; Педан и Лучечко, 1976; Шапошников, 1974; Шапошников и Удодов, 1974].

Для исследования литологической и фациальной изменчивости неогеновых отложений, выделения перспективных пород коллекторов, была построена схема сопоставления разрезов по скважинам, пробуренным в пределах островной суши Южных Курил (рис. 3). Так как в пределах изучаемой территории отсутствуют опорные и параметрические скважины, разрез которых вскрывает более двух геологических подразделений, то их сопоставление удобнее всего проводить, опираясь на положение кровли рыбаковской свиты позднемиоцен-плиоценового возраста. Это обусловлено тем, что данное геологическое подразделение имеет весьма широкое распространение в пределах островной суши (см. рис. 1) и достаточно надежно выделяется по литологическим описаниям, результатам ГИС и по находкам комплексов диатомовых водорослей зоны *Neodenticula kamtschatica* и радиолярий зон *Luchnocanium nipponicum* и *Thecosphaera japonica* [Бутухин, 1989; Ушко и Долматова, 1986]. В пределах Курильских островов максимально изучена бурением северная часть о. Итуруп (рис. 3), корреляция разрезов по скважинам в совокупности с результатами собственных полевых наблюдений позволила уточнить сводный геологический разрез данного региона (см. рис. 2). Для наиболее изученного бурением пос. Курильск и окрестностей приведен сводный разрез по скважинам (6). Кроме того, на схеме отображены опорные разрезы рыбаковской свиты (1, 8) для того, чтобы оценить литологическую изменчивость геологического подразделения по латерали. Необходимо отметить, что месторождение термальных источников Горячий пляж, расположенное в центральной части о. Кунашир, также детально изучено бурением. Однако, производить сопоставление разрезов для скважин, расположенных на удалении, представляется затруднительным, особенно учитывая малую вскрытую мощность рыбаковской свиты на месторождении Горячий пляж.

## Результаты и обсуждение

**Большая Курильская гряда.** Результаты исследования разреза неогеновых отложений в пределах основной суши Южных Курил позволяют рассматривать их в качестве потенциальных коллекторов, при этом можно выделить ряд перспективных нефтегазоносных комплексов.

Верхнемиоцен-плиоценовый перспективный нефтегазоносный комплекс можно разделить на две части, нижняя – представлена образованиями рыбаковской свиты позднемиоцен-раннеплиоценового возраста, а верхняя часть сложена преимущественно



**Рис. 3.** Схема сопоставления разрезов по скважинам и опорного разреза (1) рыбаковской свиты в пределах Южных Курил.

более кислыми породами камуйской свиты плиоценового возраста. Рыбаковская свита характеризуется сильной фациальной и литологической изменчивостью и считается наиболее древним вскрытым геологическим подразделением Большой Курильской гряды. Нижняя граница подразделения в районе исследований не вскрыта. Внутри свиты смена литологических разностей имеет линзовидный характер. Как правило, в основной массе грубообломочных пород встречаются линзы и прослои мощностью первые метры, протяженностью первые десятки метров псефит-псаммитовых разностей. Кроме того, в разрезе свиты отмечаются покровные образования рыбаковского андезитового комплекса, которые представлены линзовидно-переслаивающимися пачками вулканокластических и вулканогенно-осадочных пород: туфоалевролитами, туфопесчаниками, туфогравелитами, туфоконгломератами, туфоконгломератобрекчиями. На возможную нефтегазоносность свиты указывает битуминозность пород в скважинах, пробуренных в пределах парогидротермального месторождения Горячий Пляж (о. Кунашир) [Дуничев и Табояков, 1974].

Туфопесчаники (рис. 4) от светло-серого до желтовато-оранжевого цвета, характеризуются алевро-псаммитовой и псаммитовой структурой и слабовыраженной горизонтальной слоистостью. В шлифах отмечается, что обломки формируют от 40 до 60% от объема породы, имеют разную степень сортировки и форму от угловатой до полуокатанной. Представлены обломки вулканическими породами различного состава от основного до кислого (0,2–0,8 мм до 30%), реже отмечаются класты вулканогенных обломочных пород с различным количеством примеси осадочного материала. Среди кристаллокластов выделяются: плагиоклазы, преимущественно андезины (0,1–0,6 мм до 25%); кварц (0,1–0,5 мм до 20%); калиевый полевой шпат (0,3 мм до 10%). В меньшем

количестве встречаются зерна амфибола, реже пироксена до 0,3 мм, магнетита, единичные пластинки биотита (рис. 5). Обломки сцементированы скрытокристаллическим агрегатом глинистого или смешанного (кварц-полевошпатового) составов, количество цемента – от контактового до базального типа.



Рис. 4. Туфопесчаники рыбаковской свиты, правый борт среднего течения р. Куйбышевка, о. Итуруп.

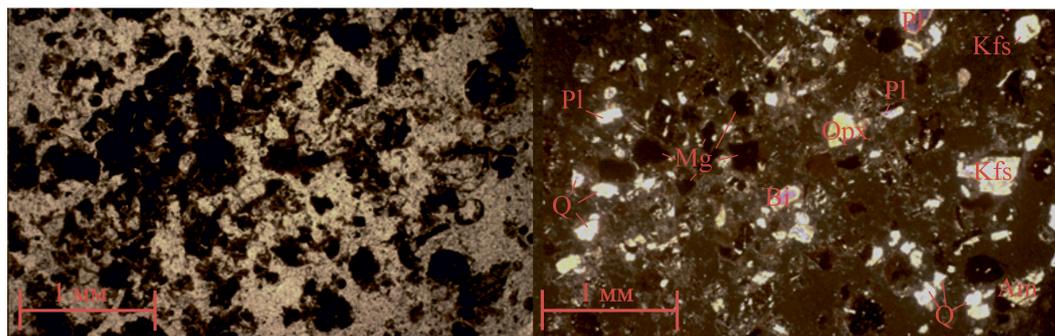


Рис. 5. Микрофотография туфопесчаников рыбаковской свиты. Слева – николи параллельны, справа – николи скрещены.

Туфоалевролиты серые, серовато-желтые, плотные, массивные с линзами и прослоями глинистого материала пелитовой и алевропелитовой структуры, по составу близки к туфопесчаникам, отличаясь от последних преобладанием среднего количества кристаллокластов над литокластами.

Потенциальными породами-коллекторами порового типа в разрезе свиты являются туфопесчаники (см. рис. 4), песчаники, алевролиты, туфоалевролиты, сформированные в различных морских обстановках осадконакопления от глубоководных до мелководных. Обнаружение трещинных и трещинно-поровых типов пород-коллекторов вероятно в зонах выклинивания нормально-слоистых осадков и в зонах распространения линзовидных тел [Egorov et al., 2021]. К ним могут быть отнесены кремнистые отложения (туфодиатомиты), аналогичные газонасыщенным образованиям Западной Камчатки [Калинин и др., 2022; 2023] и прилегающей к ней акватории Охотского моря [Харашинов, 2018].

В пределах нижней части верхнемиоцен-плиоценового перспективного нефтегазонасного комплекса, сложенного рыбаковской свитой, предполагается наличие ловушек пластово-сводового типа. Сильная латеральная изменчивость свиты и наличие участков выклинивания пород позволяет предположить существование литологических ловушек. Можно также допустить наличие тектонически экранированных ловушек, исходя из того, что острова разбиты крупными разломами северо-западного простирания на серии

блоков. При этом, общая структура данной части осадочного чехла также контролируется разрывными нарушениями северо-западного простирания, которые заложены в начале неогена и имеют конседиментационную природу [Talovina et al., 2022]. Кроме того, на границе миоцена и плиоцена отмечается уменьшение вулканической активности и увеличение терригенной составляющей в составе пород [Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000, 2002; Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000, 2008], что делает основание камуйской свиты наиболее перспективным для поиска углеводородов.

Образования рыбаковской свиты перекрыты породами камуйской свиты, которая выполнена вулканогенно-осадочными отложениями, характеризующимися повышенной битуминозностью (до 0,05 %), причем наибольшее содержание битума отмечено в туфодиаомитах [Дуничев и др., 1974]. Псаммитовые туфы кислого состава и вулканомиктовые песчаники камуйской свиты характеризуются хорошими коллекторскими свойствами. Пористость насыщения их составляет 37–46 %, проницаемость до 485 мД. Тип пластов коллекторов и ловушек аналогичен породам рыбаковской свиты, за тем исключением, что в качестве вулканогенной составляющей в разрезе камуйской свиты преобладают кислые породы, а образования данного геологического подразделения характеризуются меньшей степенью дислоцированности и литолого-фациальной изменчивости. Это позволяет спрогнозировать наличие преимущественно пластово-сводовых ловушек в рамках верхней части верхнемиоцен-плиоценового перспективного нефтегазоносного комплекса.

В роли покрышек во всех перечисленных типах резервуаров выступают глинистые и кремнистые аргиллиты, накопившиеся в ходе трансгрессивных циклов. Тонкообломочные породы данного комплекса (вулканомиктовые алевролиты) при пористости насыщения (~48 %) обладают низкой проницаемостью – до 10 мД. Вулканические и пелитовые вулканокластические образования, обладающие низким коэффициентом пористости и присутствующие в разрезах свит, могут также выполнять роль флюидопоров.

Кроме того, предполагается возможная нефтегазоносность палеоген-нижнемиоценовых отложений, которые могут подстилать рассмотренный выше перспективный нефтегазоносный комплекс, по аналогии с Центральными Курилами, где зафиксированы морские туфогенно-осадочные образования среднемиоценового возраста (шумновская свита), особенно если принять в рассмотрение результаты глубинных геофизических исследований [Тютрин и Дуничев, 1985]. Данная толща только начинает вскрываться эрозией. Кроме того, перспективы нефтегазоносности территории значительно возрастают, если учесть тот факт, что разрез Курильских островов схож с аналогичными разрезами Северо-Восточного Хоккайдо [Takahashi et al., 2020; Waseda and Nishita, 1998] и Западной Камчатки [Bolshakova and Fedorova, 2021], на которых известны палеоген-нижнемиоценовые газо- и нефтесодержащие породы, соответственно. С этой точки зрения перспективным участком представляется наиболее приподнятый Куйбышевский блок, расположенный в центральной части о. Итуруп (см. рис. 1), в пределах которого обнаружено месторождение термальных источников Горячие ключи, газовая составляющая в которых содержит до 58 % метана, но для уточнения результатов геофизической съемки и сейсмического профилирования необходима заверка данных буровыми скважинами [Gusev, 2022; Serbin and Dmitriev, 2022].

Верхнеплиоцен-нижнечетвертичные платобазальты фрегатской толщи с точки зрения прогноза коллекторов также представляют интерес. Месторождения углеводородов в коллекторах подобного состава открыты в Японии. Например, нефтегазовое месторождение Юрихара [Inaba, 2001], где залежи открыты в миоценовых базальтах, и месторождение Аюкава [Kamitsuji et al., 2013], где залежи сосредоточены в долеритах.

Предполагается, что нефтематеринскими на территории островной суши являются те же толщи, что и в Срединно-Курильском прогибе. Данные образования формировались в ходе устойчивого прогибания задугового бассейна на фоне воздымания Малой

Курильской островной дуги в палеогеновое время. Снос осадочного материала осуществлялся со стороны Малых Курил, однако, за счет большей удаленности от центров вулканизма, генерационные свойства отложений на островах, вероятно, будут выше, нежели в районе Срединно-Курильского прогиба. В акватории Срединно-Курильского прогиба выделяется палеоцен(?)–эоценовая сейсмотолща [Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000, 2002], сложенная, по данным драгирования дна смежной акватории, осадочными и вулканогенно-осадочными породами. О наличии вулканогенно-осадочных пород в фундаменте Большой Курильской гряды можно судить по литокластам, обнаруженным в туфопесчаниках рыбаковской свиты.

С конца палеогена начинает проявляться подводный вулканизм на территории Больших Курил, что оказывало дополнительное температурное воздействие на растворенное органическое вещество.

На границе палеогена и неогена в ходе задугового рифтинга происходит заложение Курильской Котловины, расположенной западнее островов Кунашир и Итуруп. После подъема Большой Курильской гряды выше уровня моря в позднем неогене в задуговом бассейне Больших Курил происходит интенсивное осадконакопление. По результатам сейсмоакустических исследований в акватории Курильской котловины выделяется верхнемиоцен-плиоценовая сейсмотолща, представленная туфоалевролитами, алевролитами и туфодиазомитами. [Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000, 2002]. Последние могут рассматриваться в качестве возможных нефтематеринских толщ [Ильев и др., 2009].

Таким образом, возможность генерации углеводородов в данном районе была возможна сразу в двух бассейнах: в Срединно-Курильском прогибе и в Курильской котловине.

**Срединно-Курильский прогиб.** В последние годы проведены сейсмические работы по исследованию нефтегазоносности Срединно-Курильского прогиба [Ломтев и Патрикеев, 2014; Egorov et al., 2021], по результатам которых выделены эоцен-среднемиоценовый и среднемиоцен-плиоценовый нефтегазоносные комплексы. Нефтегазоносность первого комплекса предполагается по аналогии с газосодержащими породами группы Урагоро на о. Хоккайдо, которые представлены песчаниками и алевролитами – коллекторами порового типа (месторождение Тайхейе). Результаты драгирования дна юго-восточнее Малокурильского поднятия позволяют предположить, что значительный объем палеогеновых образований в пределах Срединно-Курильского прогиба, вероятно, составляют кремнистые отложения, в которых возможно предположить наличие также резервуаров порово-трещинного и трещинного типов. Перспективность резервуаров подобного типа объясняется и тем, что кремнистые отложения интенсивно обогащены органическим веществом и характеризуются высокой битумнизацией органического вещества на низких стадиях катагенеза. В таком случае высококачественные нефтематеринские породы одновременно являются и коллекторами.

Поровые коллекторы среднемиоцен-плиоценового комплекса, по всей видимости, имеют состав, аналогичный газоносной формации Каваками на о. Хоккайдо, сложенной песчаниками и алевролитовыми песчаниками, характеризующимися хорошими фильтрационно-емкостными свойствами (проницаемость до 100 мД) на месторождении Икеда [Ильев и др., 2009].

Отложения верхнемиоцен-плиоцен-четвертичной части разреза Срединно-Курильского прогиба являются наиболее изученными ввиду широкого ее распространения на суше южных островов Большой Курильской гряды. В целом, обстановки осадконакопления являются благоприятными для формирования пластов-коллекторов и флюидоупоров. Предполагаемые пласты-коллекторы порового типа могут быть распространены в толщах, образованных в условиях пологого склона Большокурильского поднятия вблизи островов Кунашир и Итуруп и на юге внутреннего склона Малых Курил. Состав пород следует ожидать аналогичным составу одновозрастных

отложений, изученных на Большой Курильской гряде и Северо-Восточном Хоккайдо. Покрышками в описанных типах резервуаров являются регионально распространенные плотные аргиллиты и кремнистые аргиллиты, накопившиеся во время позднемиоценового и раннеплиоценового трансгрессивных циклов, внутриформационно запечатывающие потенциальные залежи углеводородов. При этом на Кунаширском участке по результатам сейсмических работ [Egorov et al., 2021] выделяются ловушки пластово-сводового типа, на Итурупском участке, помимо вышеупомянутых, возможно формирование ловушек структурно-тектонического типа, вследствие того, что перспективные структуры на акватории осложнены разломами. Серия такого рода ловушек отмечается на сейсмическом профиле № 44–2 [Egorov et al., 2021], расположенном юго-восточнее залива Касатка (см. рис. 1). Близкое размещение указанных структур к береговой линии позволяет производить бурение с суши, что дает возможность рассматривать данный участок в качестве приоритетного для проведения дальнейших исследований. Более того, залив Касатка расположен недалеко от Куйбышевского блока, являющегося одним из наиболее перспективных объектов на островной суше, и от поселков Горячие ключи и Буревестник, что позволяет сократить затраты на дальнейшие исследования указанного участка. Следующим шагом для дальнейшего изучения представленного района видится проведение дополнительных сейсмических, либо геоэлектрохимических исследований [Putikov et al., 2020] с целью получения актуальных данных о геологическом строении выделенных структур и их оконтуривания.

### Заключение

Накопленный объем геолого-геофизической информации подтверждает перспективность неогеновых отложений южной части Курильской островной дуги для поиска нефтегазовых месторождений и обуславливает необходимость проведения дальнейшего комплекса геологоразведочных работ. Полученные данные по геологическому строению островной суши Южных Курил, в том числе наличие прямых и косвенных признаков углеводородов, позволяют предполагать существование нефтегазовых проявлений не только в акватории Срединно-Курильского прогиба, но и на территории островной суши. По мнению авторов, в роли потенциальных коллекторов могут выступать отложения рыбаковской и камуйской свит, формирующие верхнемиоцен-плиоценовый перспективный нефтегазоносный комплекс. Наличие залежей нефти и газа возможно также и в отложениях фундамента островов, не вскрытых скважинами и эрозией, особенно если учитывать результаты исследований глубинного строения территории магнитотеллурическим зондированием и геологическое строение смежных районов. Предполагается заложение глубокой параметрической скважины в пределах наиболее приподнятого Куйбышевского блока (в центральной части о. Итуруп) с целью вскрытия пород фундамента Большекурильского поднятия и проведения дальнейших исследований.

Возможна нефтегазоносность и более молодых плиоцен-четвертичных вулканитов, по аналогии с месторождениями центральной Японии и Хоккайдо. Однако имеющаяся на данный момент геолого-геофизическая информация не позволяет достоверно спрогнозировать возможность обнаружения здесь значительных скоплений углеводородов. Это объясняется сильной литолого-фациальной изменчивостью геологического разреза, при которой породы, являющиеся коллекторами, не выдержаны по латерали. Кроме того, условия сохранения потенциальных залежей неблагоприятны, так как со второй половины плиоцена островные блоки испытывают воздымание. Интенсивно проявленные в пределах Большой Курильской гряды процессы магматической активности, сопровождаемые глубокой гидротермальной переработкой пород, также могут приводить к уничтожению залежей углеводородов.

Вопрос нефтегазоносности региона является сложным и неоднозначным, тем не менее, основные перспективы обнаружения залежей углеводородного сырья связаны с Срединно-Курильским междуговым прогибом, в котором возможно открытие крупных проявлений. Существенным доводом в положительной оценке нефтегазо-

носности данной структуры является установленная газоносность впадины Конзен острова Хоккайдо, являющейся продолжением Срединно-Курильского прогиба. Для оконтуривания залежей и оценки ресурсов предлагается проведение дополнительных сейсмических исследований.

**Благодарности.** Авторы выражают благодарность А. Ю. Комарову за вклад в работу над статьей.

### Список литературы

- Авдейко Г. П., Арешев Е. Г., Богданов Н. А. *и др.* Тектоническая карта Охотоморского региона. — 2000. — URL: [http://neotec.ginras.ru/neomaps/M025\\_Far-East\\_2000\\_Tectonics.jpg](http://neotec.ginras.ru/neomaps/M025_Far-East_2000_Tectonics.jpg).
- Богатиков О. А., Петров О. В., Шарпенко Л. Н. Петрографический кодекс России : Магматические, метаморфические, метасоматические, импактные образования. Издание второе. — СПб. : ВСЕГЕИ, 2008. — 203 с.
- Витухин Д. И. Комплекс радиоларий неогеновых отложений Курильских островов (Кунашир, Итуруп) // Кайнозой Дальнего Востока. — Владивосток : ДВО АН СССР, 1989. — С. 206—208.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000 : Издание второе. Серия Курильская. Листы L-55-XXII, XXVIII, XXXIV (Курильск), L-55-XXIII, XXIX (Рейдово), L-55-XXXIII (влк. Тятя), K-55-II, 55-XXXII (Южно-Курильск) / под ред. В. К. Ротмана. — СПб : Издательство Санкт-Петербургской картографической фабрики ВСЕГЕИ, 2002. — 298 с.
- Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000 : Издание второе. Серия Курильская. Листы L-55-XVIII, XXIV (о. Уруп); L-56-XIII, XIX (м. Кастрикум) / под ред. В. К. Ротмана. — СПб : Издательство Санкт-Петербургской картографической фабрики ВСЕГЕИ, 2008. — 145 с.
- Дуничев В. М., Ризнич И. И. Геологический отчёт о результатах буровых и опробовательских работ на месторождении парогидротерм Горячий пляж в 1965–1967 гг. — Южно-Сахалинск : Сахалинское ТГУ, Южно-Сахалинская геологоразведочная экспедиция, 1967. — 396 с.
- Дуничев В. М., Севостьянов К. М. К вопросу о перспективах нефтегазоносности Курильской островной дуги // Геология нефти и газа. — 1968. — № 6. — С. 39—43.
- Дуничев В. М., Таболяков А. Я. Новое о находках битумов на о. Кунашир (Курильские острова) // Известия Сахалинского отдела Географического общества СССР. — 1974. — Т. 2. — С. 160—163.
- Дуничев В. М., Таболяков А. Я., Тютрин И. И. О перспективах нефтегазоносности Курильских островов // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сахалина и Курильских островов. — 1974. — С. 61—64.
- Ильев А. Я., Кононов В. Э., Веселов О. В. *и др.* Геолого-геофизическая характеристика и перспективы нефтегазоносности Срединно-Курильского прогиба: коллективная монография. — Владивосток : Дальнаука, 2009. — 140 с.
- Калинин Д. Ф., Егоров А. С., Большакова Н. В. Потенциальная нефтегазоносность Западно-Камчатского побережья и ее связь со структурно-тектоническим строением Охотоморского региона по геофизическим данным // Вестник КРАУНЦ. Серия: «Науки о Земле». — 2022. — Т. 1, № 53. — С. 59—75. — DOI: [10.31431/1816-5524-2022-1-53-59-75](https://doi.org/10.31431/1816-5524-2022-1-53-59-75).
- Калинин Д. Ф., Егоров А. С., Большакова Н. В. *и др.* Информационно-статистический прогноз нефтегазоносности в краевой части Корякско-Камчатской складчатой области // Вестник КРАУНЦ. Серия: «Науки о Земле». — 2023. — С. 63—88. — DOI: [10.31431/1816-5524-2023-1-57-63-88](https://doi.org/10.31431/1816-5524-2023-1-57-63-88).
- Ковтунович П. Ю., Сафронов А. Д., Удодов В. В. *и др.* Геологическое строение и полезные ископаемые островов Итуруп, Кунашир и прилегающего к ним дна акватории. Отчет Камуйской ГСП о результатах геологического доизучения масштаба 1:200 000 и подготовки к изданию листов (L-55-XXII, XXIII, XXVIII, XXIX, XXXII, XXXIII, XXXIV; K-55-II) Госгеолкарты – 200 Курильской серии с проведением ГГС-50 на площади листов L-54-104-Г, 116-Б, проведенных в 1987–2000 гг. на Камуйской площади в 4-х книгах. — Южно-Сахалинск : Сахалинское ТГУ, Южно-Сахалинская геологоразведочная экспедиция, 2002. — 921 с.
- Кровушкина О. А., Жукова О. С., Чуйко Л. С. Новые данные о геологическом строении и перспективах нефтегазоносности Срединно-Курильского прогиба // Геология нефти и газа. — 2005. — № 1. — С. 10—19.
- Ломтев В. Л., Патрикеев В. Н. К строению северной части Срединно-Курильского прогиба (по данным НСП) // Геология и полезные ископаемые мирового океана. — 2014. — № 2. — С. 21—34.
- Педан Л. А., Лучечко Л. А. Отчёт о результатах поисковой разведки проявления термальных вод «Горячие Ключи» (о. Итуруп), 1973–1976 гг. — пос. Буревестник : Сахалинское ТГУ, Курильская геологоразведочная партия, 1976. — 231 с.

- Тютрин И. И., Дуничев В. М. Тектоника и нефтегазоносность северо-западной части Тихоокеанского пояса. — Москва : Недра, 1985. — 174 с.
- Ушко К. А., Долматова Л. М. Стратиграфия и диатомовые водоросли отложений неогена Большой Курильской гряды и их корреляция с глубоководными осадками северо-запада Тихого океана // ДАН СССР. — 1986. — Т. 291, № 2. — С. 437–440.
- Хаин В. Е., Полякова И. Д. Нефтегазоносность глубоководных и ультраглубоководных зон континентальных окраин // Литология и полезные ископаемые. — 2004. — № 6. — С. 610–621.
- Харахинов В. В. Геодинамические условия нефтегазоносности Охотоморского региона // Геология нефти и газа. — 2018. — № 2. — С. 25–39. — DOI: [10.31087/0016-7894-2018-2-25-39](https://doi.org/10.31087/0016-7894-2018-2-25-39).
- Шапошников А. В. Отчёт о результатах бурения структурных скважин по профилю 2на северной периклинали Куйбышевской антиклинали (о. Итуруп) в 1973–1974 гг. — пос. Буревестник : Сахалинское ТГУ, Курильская геологоразведочная партия, 1974. — 112 с.
- Шапошников А. В., Удодов В. В. Отчёт о результатах бурения структурно-поисковой скважины № 1 на площади Куйбышевской антиклинали в центральной части о. Итуруп (Курильские о-ва). — пос. Буревестник : Сахалинское ТГУ, Курильская геологоразведочная партия, 1974. — 57 с.
- Aleksandrova T. N., Chanturiya A. V., Kuznetsov V. V. Mineralogical and technological features and patterns of selective disintegration of ferruginous quartzites of the Mikhailovskoye deposit // Journal of Mining Institute. — 2022. — Т. 256. — С. 517–526. — DOI: [10.31897/PMI.2022.58](https://doi.org/10.31897/PMI.2022.58).
- Bolshakova N. V., Fedorova K. S. The Possibilities of Using a Qualitative Interpretation of The Potential for Creating a Zonal-Block Model of The Northern Flank of The Okhotsk Sea Region // Engineering and Mining Geophysics 2021. — European Association of Geoscientists & Engineers, 2021. — DOI: [10.3997/2214-4609.202152157](https://doi.org/10.3997/2214-4609.202152157).
- Egorov A. S., Prischepa O. M., Nefedov Y. V., *et al.* Deep Structure, Tectonics and Petroleum Potential of the Western Sector of the Russian Arctic // Journal of Marine Science and Engineering. — 2021. — Vol. 9, no. 3. — P. 258. — DOI: [10.3390/jmse9030258](https://doi.org/10.3390/jmse9030258).
- Gusev E. Results and prospects of geological mapping of the Arctic shelf of Russia // Journal of Mining Institute. — 2022. — Vol. 255. — P. 290–298. — DOI: [10.31897/PMI.2022.50](https://doi.org/10.31897/PMI.2022.50).
- Hanagata S., Hiramatsu C. Miocene-Pliocene Foraminifera from the subsurface sections in the Yufutsu Oil and Gas Field, Hokkaido // Paleontological Research. — 2005. — Vol. 9, no. 4. — P. 273–298. — DOI: [10.2517/prpsj.9.273](https://doi.org/10.2517/prpsj.9.273).
- Inaba M. Basalt reservoir in the Yurihara Oil and Gas Field, northeast Japan // Journal of the Japanese Association for Petroleum Technology. — 2001. — Vol. 66, no. 1. — P. 56–67. — DOI: [10.3720/japt.66.56](https://doi.org/10.3720/japt.66.56).
- Kamitsuji R., Okajima T., Yokoi S. Acid Stimulation of Onnagawa Tight Oil Formation in Ayukawa Field, Japan // All Days. — SPE Unconventional Resources Conference, Exhibition-Asia Pacific, 2013. — DOI: [10.2118/167101-ms](https://doi.org/10.2118/167101-ms).
- Litvinenko V. S., Sergeev I. B. Innovations as a Factor in the Development of the Natural Resources Sector // Studies on Russian Economic Development. — 2019. — Т. 30, № 6. — С. 637–645. — DOI: [10.1134/S107570071906011X](https://doi.org/10.1134/S107570071906011X).
- Mingaleva T., Gorelik G., Egorov A., *et al.* Correction of Depth-Velocity Models by Gravity Prospecting for Hard-to-Reach Areas of the Shelf Zone // Mining informational and analytical bulletin. — 2022. — No. 10/1. — P. 77–86. — DOI: [10.25018/0236\\_1493\\_2022\\_101\\_0\\_77](https://doi.org/10.25018/0236_1493_2022_101_0_77).
- Prischepa O., Nefedov Y., Nikiforova V. Arctic Shelf Oil and Gas Prospects from Lower-Middle Paleozoic Sediments of the Timan-Pechora Oil and Gas Province Based on the Results of a Regional Study // Resources. — 2021. — Vol. 11, no. 1. — P. 3. — DOI: [10.3390/resources11010003](https://doi.org/10.3390/resources11010003).
- Putikov O., Kholmyanski M., Ivanov G., *et al.* Application of geoelectrochemical method for exploration of petroleum fields on the Arctic shelf // Geochemistry. — 2020. — Vol. 80, no. 3. — P. 125498. — DOI: [10.1016/j.geoch.2019.02.001](https://doi.org/10.1016/j.geoch.2019.02.001).
- Schellart W. P., Jessell M. W., Lister G. S. Asymmetric deformation in the backarc region of the Kuril arc, northwest Pacific: New insights from analogue modeling // Tectonics. — 2003. — Vol. 22, no. 5. — DOI: [10.1029/2002TC001473](https://doi.org/10.1029/2002TC001473).
- Serbin D., Dmitriev A. Experimental research on the thermal method of drilling by melting the well in ice mass with simultaneous controlled expansion of its diameter // Journal of Mining Institute. — 2022. — Vol. 257. — P. 833–842. — DOI: [10.31897/PMI.2022.82](https://doi.org/10.31897/PMI.2022.82).
- Shishkin E. V., Bolshunov A. V., Timofeev I. P., *et al.* Model of a walking sampler for research of the bottom surface in the subglacial lake Vostok // Journal of Mining Institute. — 2022. — Vol. 257. — P. 853–864. — DOI: [10.31897/PMI.2022.53](https://doi.org/10.31897/PMI.2022.53).
- Takahashi K. U., Nakajima T., Suzuki Y., *et al.* Hydrocarbon generation potential and thermal maturity of coal and coaly mudstones from the Eocene Urahoro Group in the Kushiro Coalfield, eastern Hokkaido, Japan // International Journal of Coal Geology. — 2020. — Vol. 217. — P. 103322. — DOI: [10.1016/j.coal.2019.103322](https://doi.org/10.1016/j.coal.2019.103322).

Talovina I., Krikun N., Yurchenko Y., *et al.* Remote sensing techniques in the study of structural and geotectonic features of Iturup Island (the Kuril Islands) // Journal of Mining Institute. — 2022. — Vol. 254. — P. 158–172. — DOI: [10.31897/PMI.2022.45](https://doi.org/10.31897/PMI.2022.45).

Waseda A., Nishita H. Geochemical characteristics of terrigenous- and marine-sourced oils in Hokkaido, Japan // Organic Geochemistry. — 1998. — Vol. 28, no. 1/2. — P. 27–41. — DOI: [10.1016/S0146-6380\(97\)00102-2](https://doi.org/10.1016/S0146-6380(97)00102-2).

## GEOLOGICAL STRUCTURE AND PERSPECTIVES OF OIL AND GAS BEARING IN NEOGENE SEDIMENTS OF THE SOUTHERN PART OF THE KURIL ISLAND ARC SYSTEM

N. S. Krikun <sup>\*\*</sup>,<sup>1,2</sup> , I. A. Babenko <sup>1</sup> , I. V. Talovina <sup>1</sup> , and A. M. Duriagina<sup>3</sup><sup>1</sup>Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg, Russia<sup>2</sup>A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, Saint-Petersburg, Russia<sup>3</sup>Technical University Freiberg Mining Academy, Freiberg, Germany**\*\*Correspondence to:** Nikita Krikun, nskirkun@gmail.com

The article reviews the current state of knowledge about the geological structure and oil and gas bearing of the Southern Kurils, supplemented by the results of the authors' own observations. Expansion of the mineral resource base of remote regions plays an important role for its economic development. The oil and gas content of the Southern Kurils is a subject of debate. Based on the analysis of the data accumulated and obtained by the authors, the geological structure of the southern islands of the Greater Kuril Ridge has been clarified. The Upper Miocene-Pliocene complex has been identified in potentially oil and gas bearing Neogene sediments on the basis of direct and indirect signs, in which lithological and structural traps may be formed. As a result of comparative analysis of prospective deposits of onshore, offshore areas of the Mid-Kurilsk Trough and adjacent objects of the North-West Pacific, rocks of the basement of the island arc are assumed to be oil and gas bearing. The most perspective areas from the point of view of oil and gas potential onshore and offshore have been identified, which are the Kuibyshev Block, Iturup Island, and Kasatka Bay, respectively.

**Keywords:** Kuril Island Arc, Iturup, Kunashir, lithological type objects, oil and gas content of Cenozoic sediments, Mid-Kurilsk Trough

**Citation:** Krikun, N. S., I. A. Babenko, I. V. Talovina, and A. M. Duriagina (2024), Geological Structure and Perspectives of Oil and Gas Bearing in Neogene Sediments of the Southern Part of the Kuril Island Arc System, *Russian Journal of Earth Sciences*, 24, ES2001, <https://doi.org/10.2205/2024ES000905> EDN: MRFSKL

Received: 4 October 2023

Accepted: 5 March 2024

Published: 18 March 2024



© 2024. The Authors.

## References

- Aleksandrova T. N., Chanturiya A. V., Kuznetsov V. V. Mineralogical and technological features and patterns of selective disintegration of ferruginous quartzites of the Mikhailovskoye deposit // *Journal of Mining Institute*. — 2022. — Vol. 256. — P. 517–526. — DOI: [10.31897/PMI.2022.58](https://doi.org/10.31897/PMI.2022.58).
- Avdeyko G. P., Areshv E. G., Bogdanov N. A., *et al.* Tectonic map of the Sea of Okhotsk region. — 2000. — URL: [http://neotec.ginras.ru/neomaps/M025\\_Far-East\\_2000\\_Tectonics.jpg](http://neotec.ginras.ru/neomaps/M025_Far-East_2000_Tectonics.jpg).
- Bogatikov O. A., Petrov O. V., Sharpenok L. N. Petrographic Code of Russia : Igneous, metamorphic, metasomatic, impact formations. Second edition. — SPb. : VSEGEI, 2008. — 203 p.
- Bolshakova N. V., Fedorova K. S. The Possibilities of Using a Qualitative Interpretation of The Potential for Creating a Zonal-Block Model of The Northern Flank of The Okhotsk Sea Region // *Engineering and Mining Geophysics* 2021. — European Association of Geoscientists & Engineers, 2021. — DOI: [10.3997/2214-4609.202152157](https://doi.org/10.3997/2214-4609.202152157).

- Dunichev V. M., Riznich I. I. Geological report on the results of drilling and testing work at the Hot Beach steam hydrothermal field in 1965-1967. — Yuzhno-Sakhalinsk : Sakhalin TSU, Yuzhno-Sakhalinsk Geological Exploration Expedition, 1967. — 396 p.
- Dunichev V. M., Sevostyanov K. M. On the issue of oil and gas prospects for the Kuril Island Arc // Russian oil & gas geology. — 1968. — No. 6. — P. 39-43.
- Dunichev V. M., Taboyakov A. Y. New information about bitumen finds on the island Kunashir (Kuril Islands) // News of the Sakhalin Department of the Geographical Society of the USSR. — 1974. — Vol. 2. — P. 160-163.
- Dunichev V. M., Taboyakov A. Y., Tyutrin I. I. On the oil and gas prospects of the Kuril Islands // Geology and mineral resources of Sakhalin and the Kuril Islands. — 1974. — P. 61-64.
- Egorov A. S., Prischepa O. M., Nefedov Y. V., *et al.* Deep Structure, Tectonics and Petroleum Potential of the Western Sector of the Russian Arctic // Journal of Marine Science and Engineering. — 2021. — Vol. 9, no. 3. — P. 258. — DOI: [10.3390/jmse9030258](https://doi.org/10.3390/jmse9030258).
- Gusev E. Results and prospects of geological mapping of the Arctic shelf of Russia // Journal of Mining Institute. — 2022. — Vol. 255. — P. 290-298. — DOI: [10.31897/PMI.2022.50](https://doi.org/10.31897/PMI.2022.50).
- Hanagata S., Hiramatsu C. Miocene-Pliocene Foraminifera from the subsurface sections in the Yufutsu Oil and Gas Field, Hokkaido // Paleontological Research. — 2005. — Vol. 9, no. 4. — P. 273-298. — DOI: [10.2517/prpsj.9.273](https://doi.org/10.2517/prpsj.9.273).
- Il'yov A. Y., Kononov V. T., Veselov O. V., *et al.* Geologic-geophysical characteristic and perspectives of oil-gas-bearing of the Middle-Kurile depression. — Vladivostok : Dal'nauka, 2009. — 122 p.
- Inaba M. Basalt reservoir in the Yurihara Oil and Gas Field, northeast Japan // Journal of the Japanese Association for Petroleum Technology. — 2001. — Vol. 66, no. 1. — P. 56-67. — DOI: [10.3720/japt.66.56](https://doi.org/10.3720/japt.66.56).
- Kalinin D. F., Egorov A. S., Bolshakova N. V. Oil and Gas Potential of the West Kamchatka Coast and its Relation to the Structural and Tectonic Structure of the Sea of Okhotsk Region Based on Geophysical Data // Bulletin of Kamchatka Regional Association «Educational-Scientific Center». Earth Sciences. — 2022. — Vol. 1, no. 53. — P. 59-75. — DOI: [10.31431/1816-5524-2022-1-53-59-75](https://doi.org/10.31431/1816-5524-2022-1-53-59-75).
- Kalinin D. F., Egorov A. S., Bolshakova N. V., *et al.* Information and Statistical Forecast of Oil and Gas Potential in the Marginal Part of the Koryak-Kamchatka Folded Region // Bulletin of Kamchatka Regional Association «Educational-Scientific Center». Earth Sciences. — 2023. — P. 63-88. — DOI: [10.31431/1816-5524-2023-1-57-63-88](https://doi.org/10.31431/1816-5524-2023-1-57-63-88).
- Kamitsuji R., Okajima T., Yokoi S. Acid Stimulation of Onnagawa Tight Oil Formation in Ayukawa Field, Japan // All Days. — SPE Unconventional Resources Conference, Exhibition-Asia Pacific, 2013. — DOI: [10.2118/167101-ms](https://doi.org/10.2118/167101-ms).
- Khain V. E., Polyakova I. D. Oil and Gas Potential of Deep- and Ultradeep-Water Zones of Continental Margins // Lithology and Mineral Resources. — 2004. — Vol. 39, no. 6. — P. 530-540. — DOI: [10.1023/B:LIMI.0000046956.08736.e4](https://doi.org/10.1023/B:LIMI.0000046956.08736.e4).
- Kharakhinov V. V. Geodynamic framework of oil and gas occurrence in the Sea of Okhotsk region // Russian oil & gas geology. — 2018. — No. 2. — P. 25-39. — DOI: [10.31087/0016-7894-2018-2-25-39](https://doi.org/10.31087/0016-7894-2018-2-25-39).
- Kovtunovich P. Y., Safronov A. D., Udodov V. V., *et al.* Geological structure and minerals of the islands Iturup, Kunashir and the adjacent seabed. Report of the Kamuy GSP on the results of additional geological research on a scale of 1:200 000 and preparation for the publication of sheets (L-55-XXII, XXIII, XXVIII, XXIX, XXXII, XXXIII, XXXIV; K-55-II) State Geological Maps – 200 Kuril series with carrying out GGS-50 on the area of sheets L-54-104-G, 116-B, carried out in 1987-2000. on Kamuyskaya Square in 4 books. — Yuzhno-Sakhalinsk : Sakhalin TSU, Yuzhno-Sakhalinsk Geological Exploration Expedition, 2002. — 921 p.
- Krovushkina O. A., Shukova O. S., Chuiko L. S. New Data about Geological Structure and Oil and Gas Potential Prospects of Mid-Kuril Trough // Russian oil & gas geology. — 2005. — No. 1. — P. 10-19.
- Litvinenko V. S., Sergeev I. B. Innovations as a Factor in the Development of the Natural Resources Sector // Studies on Russian Economic Development. — 2019. — Vol. 30, no. 6. — P. 637-645. — DOI: [10.1134/S107570071906011X](https://doi.org/10.1134/S107570071906011X).
- Lomtev V. L., Patrikeev V. N. To the structure of the northern part of the Mid-Kuril trough (according to NSP data) // Geology and minerals of the world's oceans. — 2014. — No. 2. — P. 21-34.
- Mingaleva T., Gorelik G., Egorov A., *et al.* Correction of Depth-Velocity Models by Gravity Prospecting for Hard-to-Reach Areas of the Shelf Zone // Mining informational and analytical bulletin. — 2022. — No. 10/1. — P. 77-86. — DOI: [10.25018/0236\\_1493\\_2022\\_101\\_0\\_77](https://doi.org/10.25018/0236_1493_2022_101_0_77).
- Pedan L. A., Luchechko L. A. Report on the results of exploratory exploration of the occurrence of thermal waters «Hot Keys» (Iturup Island), 1973-1976. — pos. Petrel : Sakhalin TSU, Kuril geological exploration party, 1976. — 231 p.
- Prischepa O., Nefedov Y., Nikiforova V. Arctic Shelf Oil and Gas Prospects from Lower-Middle Paleozoic Sediments of the Timan-Pechora Oil and Gas Province Based on the Results of a Regional Study // Resources. — 2021. — Vol. 11, no. 1. — P. 3. — DOI: [10.3390/resources11010003](https://doi.org/10.3390/resources11010003).

- Putikov O., Kholmyanski M., Ivanov G., *et al.* Application of geoelectrochemical method for exploration of petroleum fields on the Arctic shelf // *Geochemistry*. — 2020. — Vol. 80, no. 3. — P. 125498. — DOI: [10.1016/j.geoch.2019.02.001](https://doi.org/10.1016/j.geoch.2019.02.001).
- Schellart W. P., Jessell M. W., Lister G. S. Asymmetric deformation in the backarc region of the Kuril arc, northwest Pacific: New insights from analogue modeling // *Tectonics*. — 2003. — Vol. 22, no. 5. — DOI: [10.1029/2002TC001473](https://doi.org/10.1029/2002TC001473).
- Serbin D., Dmitriev A. Experimental research on the thermal method of drilling by melting the well in ice mass with simultaneous controlled expansion of its diameter // *Journal of Mining Institute*. — 2022. — Vol. 257. — P. 833–842. — DOI: [10.31897/PMI.2022.82](https://doi.org/10.31897/PMI.2022.82).
- Shaposhnikov A. Report on the results of drilling structural wells along profile 2 on the northern pericline of the Kuibyshev anticline (Iturup Island) in 1973–1974. — pos. Petrel : Sakhalin TSU, Kuril geological exploration party, 1974. — 112 p.
- Shaposhnikov A., Udodov V. Report on the results of drilling structural exploratory well No. 1 in the area of the Kuibyshev anticline in the central part of the island. Iturup (Kuril Islands). — pos. Petrel : Sakhalin TSU, Kuril geological exploration party, 1974. — 57 p.
- Shishkin E. V., Bolshunov A. V., Timofeev I. P., *et al.* Model of a walking sampler for research of the bottom surface in the subglacial lake Vostok // *Journal of Mining Institute*. — 2022. — Vol. 257. — P. 853–864. — DOI: [10.31897/PMI.2022.53](https://doi.org/10.31897/PMI.2022.53).
- State geological map of the Russian Federation, scale 1:200,000 Second edition. Kuril series. Sheets L-55-XVIII, XXIV (Urup Island); L-56-XIII, XIX (m. Castricum) / ed. by V. K. Rothman. — SPb : Publishing house of the St. Petersburg cartographic factory VSEGEI, 2008. — 145 p.
- State geological map of the Russian Federation, scale 1:200,000 Second edition. Kuril series. Sheets L-55-XXII, XXVIII, XXXIV (Kurilsk), L-55-XXIII, XXIX (Reidovo), L-55-XXXIII (Tyatya volcano), K-55-II, 55-XXXII (Yuzhno-Kurilsk) / ed. by V. K. Rothman. — SPb : Publishing house of the St. Petersburg cartographic factory VSEGEI, 2002. — 298 p.
- Takahashi K. U., Nakajima T., Suzuki Y., *et al.* Hydrocarbon generation potential and thermal maturity of coal and coaly mudstones from the Eocene Urahoro Group in the Kushiro Coalfield, eastern Hokkaido, Japan // *International Journal of Coal Geology*. — 2020. — Vol. 217. — P. 103322. — DOI: [10.1016/j.coal.2019.103322](https://doi.org/10.1016/j.coal.2019.103322).
- Talovina I., Krikun N., Yurchenko Y., *et al.* Remote sensing techniques in the study of structural and geotectonic features of Iturup Island (the Kuril Islands) // *Journal of Mining Institute*. — 2022. — Vol. 254. — P. 158–172. — DOI: [10.31897/PMI.2022.45](https://doi.org/10.31897/PMI.2022.45).
- Tyutrin I. I., Dunichev V. M. Tectonics and oil and gas potential of the northwestern part of the Pacific belt. — Moscow : Nedra, 1985. — 174 p.
- Ushko K. A., Dolmatova L. M. Stratigraphy and diatoms of the Neogene sediments of the Great Kuril Ridge and their correlation with deep-sea sediments of the Pacific Northwest // *DAN USSR*. — 1986. — Vol. 291, no. 2. — P. 437–440.
- Vitukhin D. I. Radiolarian complex of Neogene deposits of the Kuril Islands (Kunashir, Iturup) // *Cenozoic Far East*. — Vladivostok : Far Eastern Branch of the USSR Academy of Sciences, 1989.
- Waseda A., Nishita H. Geochemical characteristics of terrigenous- and marine-sourced oils in Hokkaido, Japan // *Organic Geochemistry*. — 1998. — Vol. 28, no. 1/2. — P. 27–41. — DOI: [10.1016/S0146-6380\(97\)00102-2](https://doi.org/10.1016/S0146-6380(97)00102-2).