

## ОСОБЕННОСТИ КРИОЛИТОЗОНЫ СЕВЕРО-АЛДАНСКОЙ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОБЛАСТИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

*Анна Федоровна Сухорукова*

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, научный сотрудник лаборатории гидрогеологии осадочных бассейнов Сибири, тел. (383)363-80-36, e-mail: SukhorukovaAF@ipgg.sbras.ru

Представлены результаты изучения особенностей распространения, мощности, строения, температуры криолитозоны Северо-Алданской нефтегазоносной области и сопредельных территорий. Проанализированы сложности проведения геологоразведочных работ на нефть и газ, проектирования и разработки месторождений, освоения территории в условиях современной деградации криогенной толщи.

**Ключевые слова:** Северо-Алданская нефтегазовая область, мощность, строение, температура криолитозоны, геотермический градиент.

## FEATURES OF PERMAFROST ZONE OF THE NORTH ALDAN PETROLEUM AREA AND ADJACENT LANDS

*Anna F. Sukhorukova*

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 630090, Russia, Novosibirsk, 3 Akademik Koptuyug Prospect, Ph. D., Research Associate of the Laboratory of Hydrogeology of sedimentary basins of Siberia, tel. (383)363-80-36, e-mail: SukhorukovaAF@ipgg.sbras.ru

The study results of the distribution, thickness, structure, and temperature patterns of permafrost zone of the study area. Complications for oil and gas exploration, design and development of fields and territory in the current permafrost degradation have been investigated.

**Key words:** north Aldan petroleum area, thickness, structure, permafrost temperature, geothermal gradient.

В результате систематического изучения многолетней мерзлоты Сибирской платформы, начатого в 30–40-х годах прошлого века, выявлены основные черты ее строения, состава и условия формирования. К настоящему времени мерзлотно-геотермическая изученность Сибирской платформы достаточно неравномерная, но имеющийся материал заслуживает внимания. В различные годы были опубликованы карты разного масштаба (как правило, крупномасштабные): «Карта распространения криолитозоны Сибирской платформы» [1], «Карта инженерно-геокриологического районирования Средней Сибири», составитель К. А. Кондратьева [2], и многие другие.

В разные годы выполнялись обобщения, мелкомасштабные построения. Основная часть Северо-Алданской нефтегазовой области относится к Северной геокриологической зоне, к Лено-Виллюйской и Лено-Алданской геокриологическим областям, располагающимся в пределах Якутского мегабассейна. Якут-

ский артезианский бассейн находится в своеобразных мерзлотно-гидрогеотермических условиях. Центральная часть этого бассейна расположена в сплошной мерзлой зоне, и лишь на юге и юго-западе отмечается прерывистое и островное их распространение. В центре бассейна мощность достигает 100–400 м, увеличение мощности происходит в северном направлении до 1000 и более метров [6]. Наличие мощной и длительно существующей толщи криогенных пород приводит к формированию единого регионального криогенного экрана, оказывающего сильное воздействие на геофлюидодинамическую систему и геотермический режим недр [1]. Криогенная толща может представлять весьма надежный флюидоупор для переформированных в неоген-четвертичное время залежей углеводородов. Предполагается, что толща многолетнемерзлых пород при определенных условиях может служить нефте- и газопором, а в случае интенсивной современной миграции под ней могли бы образовываться вторичные скопления углеводородов.

Строение криогенной толщи отражает специфику криогенного преобразования толщи пород, отражает соотношение в вертикальном разрезе различных ярусов криогенных пород. В зависимости от наличия воды в порах и трещинах пород, ее состава и степени минерализации в пределах исследуемого района выделяется два яруса пород, участвующих в строении криолитозоны. Междуречье рек Вилюй – Лена и Лена – Амга характеризуется двухъярусным строением [5]:

- первый ярус – преимущественно мерзлые породы, трещины и поры в которых частично или полностью заполнены пресным льдом. Этот ярус может включать отдельные блоки морозных пород;

- второй ярус – породы, содержащие пресные и солоноватые воды.

На криолитологической карте Средней Сибири, составленной К.А. Кондратьевой [1], междуречье рек Вилюй и Лена представлены с поверхности эпикриогенными элювиальными и склоновыми образованиями, подстилающиеся породами терригенных и интрузивных формаций. Междуречье рек Лена и Амга сложено с поверхности эпикриогенными элювиальными, склоновыми и карстовыми образованиями, подстилающиеся породами карбонатных формаций. Основные формации коренных пород исследуемого района представлены терригенными и карбонатными породами мелового, юрского и кембрийского возраста – песками, песчаниками, глинами, алевролитами, известняками.

Температурное поле многолетнемерзлых пород Северо-Алданской нефтегазовой области ниже слоя годовых колебаний температур, среднегодовые температуры плоскогорий изменяются в пределах от 0 до – 4,5 °С. На формирование температурного поля существенное влияние оказывает разгрузка подземных вод, отмечается сокращение мощности криогенных толщ на севере Алданского плоскогорья со 120 до 70 м над обводненными тектоническими трещинами. Важное значение при хозяйственном освоении территории имеет глубина сезонного оттаивания пород, для приалданского региона она составляет от 0,5–1 м до максимум 1–2 м [2].

Анализ опубликованных и фондовых материалов говорит о том, что исследуемая территория в целом характеризуется величинами геотермических градиентов  $0,59\text{--}1,84^\circ\text{C}/100\text{ м}$  [4]. В общих чертах неоднородность геотемпературного поля соответствует основным тектоническим элементам. Скорости нарастания температур неодинаковы, что объясняется изменениями теплофизических свойств пород: медленнее всего температуры нарастают в галогенных и карбонатных отложениях, быстрее – в терригенных.

На характерных для подземных рассолов и одновременно перспективных для поисков нефти и газа глубинах  $1,5\text{--}3\text{ км}$  температуры составляют обычно  $20\text{--}50^\circ\text{C}$ . Эти значения достаточно высоки, чтобы не оказать заметного влияния на геохимию и физические свойства рассолов, а также возможность извлечения нефти и газоконденсата из коллекторских горизонтов и условия их миграции, так как нефти обладают в этих условиях достаточно низкой вязкостью.

Геотермические характеристики геологического разреза (вертикальная геотермическая зональность) были установлены на основании материалов ГИС (термометрия 40 скважин) и точечных замеров пластовых температур (более 200 замеров). По выявленным геотермическим зависимостям, характеризующим распределение пластовых температур в пределах вскрытых бурением отложений, были рассчитаны геотермические градиенты и выявлены два типа вертикальной геотермической зональности.

Первый тип характеризуется низкими геотермическими градиентами ( $0,6\text{--}1,3^\circ\text{C}/100\text{ м}$ ) и выявлен в юго-восточной части исследуемого района на Бысахтахской, Верхне-Черендейской, Джаджаноской, Кэдэргинской, Мухтинской, Уордахской, Усть-Бирюкской, Ыстанахской и Эргеджейской площадях.

Второй тип установлен в северо-восточной части района на Андреевской, Атыяхской, Баппагайской, Быраканской, Верхне-Синской, Кумахской, Кусоганской, Кэдэпчинской, Нижне-Тюкянской, Северо-Наманинской и Хайлахской площадях и характеризуется более высокими значениями средних геотермических градиентов, достигающих  $1,85^\circ\text{C}/100\text{ м}$ .

Для Северо-Алданской нефтегазовой области и сопредельных территорий (наиболее разбуренная территория) в лаборатории «Гидрогеологии осадочных бассейнов Сибири» была построена карта мощности криолитозоны (масштаба  $1: 3\ 500\ 000$ ), нижней границей которой служит поверхность с «0» отметкой температуры. Карта построена по данным более чем 70 глубоких скважин, пройденных в различные годы для района исследования. Мощность криолитозоны закономерно увеличивается от  $100\text{--}150\text{ м}$  в юго-восточной части до  $300\text{--}400\text{ м}$  в северо-западной части по мере приближения к Анабарскому массиву, являющемуся центром охлаждения Сибирской платформы, где она может достигать  $1000$  и более м (рисунок). При этом мощность нарастает узкими ступенями, увеличиваясь на  $100\text{ м}$  каждые  $100\text{--}200\text{ км}$  по ширине. Полученные результаты согласуются с опубликованными схематическими картами прошлых лет. Несквозные талики распространены в долинах крупных рек Лена, Буотома, Амга, Олекма, Намана и под некоторыми озерами.

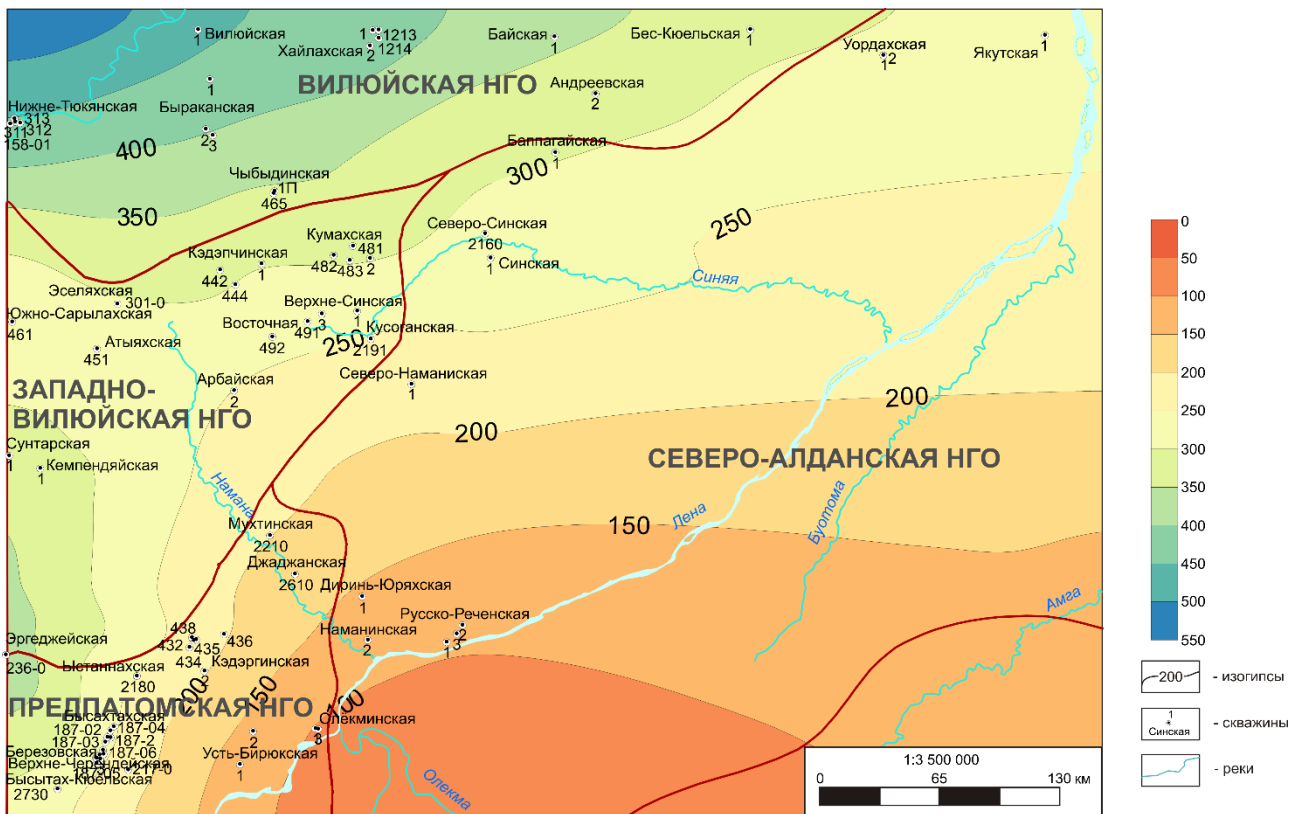


Рис. Мощность криогенной толщи района исследования

Накопленный опыт предыдущих исследователей позволяет выделить особенности криолитозоны, сопровождающие разведку и добычу углеводородов в условиях района исследования:

- искажение физических свойств за счет льдистости (вносят большой разницей в корреляцию верхней части разреза);
- влияние криогенной толщи на точность решения задач структурной геологии геофизическими методами;
- сложности бурения скважин при отрицательных температурах (смятие колонн при растеплении скважин, образование ледяных пробок, прорыв газа при цементировании скважин);
- условия залегания углеводородов в зоне развития мерзлых и охлажденных пород – добыча нефти (парафинизация);
- строительство скважин приводит к развитию термокарста, просадок, аварий из-за протаивания мерзлых пород в прискважинной зоне, фонтанированию нефти и газа через устье;
- добыча нефти сопровождается загрязнением поверхности и нарушением теплофизического равновесия;
- деградацию криогенной толщи на осваиваемых территориях.

Все вышеперечисленное обуславливает необходимость дальнейшего опережающего изучения криолитозоны для снижения возможных негативных по-

следствий при освоении перспективных территорий. Недооцененные в 80-х годах XX в проявления деградации мерзлоты уже через 30 лет привели к катастрофическим последствиям, проявившимся в непригодности к эксплуатации жилых зданий, дорог, инженерных сетей, промышленных сооружений. По прогнозам специалистов, примерно к середине XXI столетия от российской криолитозоны останется только пятая часть ее современных площадей, для Восточной Сибири сдвиг границы мерзлых пород на север может составить до 1500 км [3].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вожов В. И. Гидрогеологические условия месторождений нефти и газа Сибирской платформы. – М. : Недра, 1987. – 204 с.
2. Геокриология СССР. Средняя Сибирь. – М. : Недра, 1989. – 414 с.
3. Павлов А.В., Гравис Г.Ф. Вечная мерзлота и современный климат // Природа. – 2000. – № 4. – С. 10–18.
4. Тепловое поле недр Сибири / А. Д. Дучков, С. В. Лысак, В. Т. Балобаев и др. – Новосибирск : Наука, 1987. – 198 с.
5. Фотиев С. М. Гидрогеотермические особенности криогенной области СССР. – М. : Наука, 1978. – 236 с.
6. Шепелев В. В., Толстихин О. Н., Пигузова В. М. Мерзлотно-гидрогеологические условия Восточной Сибири. – М. : Наука, 1984. – 190 с.

© А. Ф. Сухорукова, 2017