

## ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СТРАТИФИКАЦИЯ РАЗРЕЗА АНАБАРО-ХАТАНГСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ОБЛАСТИ

*Яна Владиславовна Садыкова*

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, 630090, Россия, г. Новосибирск, пр. Академика Коптюга, 3, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, тел. (383)363-80-44, e-mail: SadykovaYV@ipgg.sbras.ru

На основе комплексной интерпретации материалов геофизических исследований скважин, результатов описания керна, гидрогеохимии, данных по стратиграфии, литологии, седиментологии Анабаро-Хатангской нефтегазоносной области составлена схема детальной гидрогеологической стратификации. Выделены водоносные этажи, комплексы, водоносные и водоупорные горизонты, охарактеризован состав подземных вод. Прослежено их распространение по площади, установлены основные типы гидрогеологических разрезов.

**Ключевые слова:** гидрогеологическая стратификация, водоносные этажи, комплексы, горизонты, северная часть Сибирской платформы, Анабаро-Хатангская нефтегазоносная область, Арктический регион.

## HYDROGEOLOGICAL STRATIFICATION OF CUTS OF THE ANABARO-KHATANG OIL AND GAS FIELD

*Yana V. Sadykova*

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, 3, Prospect Akademik Koptuyug St., Novosibirsk, 630090, Russia, Ph. D., Senior Researcher, phone: (383)363-80-44, e-mail: SadykovaYV@ipgg.sbras.ru

A scheme of detailed hydrogeological stratification of Anabaro-Khatanga oil and gas region was constructed on the basis of complex interpretation of well logging data, results of core description and hydrogeochemical analysis of ground waters and the data of stratigraphy, lithology, sedimentology, geology and hydrogeology. The waterbearing stages, complexes, aquifers and seals were allocated. Groundwater composition are characterized. Different types of hydrogeological section are given.

**Key words:** hydrogeological stratification, waterbearing stages, complexes, aquifers and seals, northern part of Siberian platform, Anabaro-Khatanga oil and gas region, Arctic region.

Гидрогеологическая стратификация составляет основу всех гидрогеологических исследований, ее целью является отражение цикличности осадконакопления в разных масштабах проявления. Разработке теоретических основ посвящены многочисленные работы Н.И. Толстихина, А.М. Овчинникова, Б.Ф. Маврицкого, А.А. Розина, С.Л. Шварцева, В.Б. Торговановой, Н.М. Кругликова, В.В. Нелюбина, Б.П. Ставицкого, В.М. Матусевича, А.Д. Назарова и многих других. В ИНГГ СО РАН были выполнены последние гидрогеологические обобщения по Анабаро-Хатангскому бассейну [2, 8]. В гидрогеологической стратификации при расчленении разрезов выделяются следующие основные

подразделения: водоносные и водоупорные горизонты, водоносные комплексы, ярусы и этажи [1].

В результате детального анализа имеющейся информации по стратиграфии, литологии, седиментологии, гидрогеологии, учитывая данные интерпретации геофизических исследований (ГИС) глубоких скважин, была составлена схема детальной гидрогеологической стратификации Анабаро-Хатангской нефтегазоносной области (НГО). Водоносные этажи были выделены согласно их приуроченности к традиционным гидродинамическим зонам. Названия ярусов давались в соответствии с названиями эратем (для протерозоя – акро- и эонотем), а комплексов – систем. Наименования водоносных и водоупорных горизонтов давались согласно их приуроченности к стратиграфическим ярусам [3-7]. Их выделение базировалось на анализе фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) и состава слагающих пород по результатам интерпретации диаграмм каротажа скважин, описания и результатов лабораторных исследований фильтрационно-емкостных свойств керна.

Исследуемый регион неравномерно изучен глубоким бурением как по площади, так и в разрезе. В наибольшей степени изучена глубоким бурением юго-восточная часть региона, в наименьшей - северо-западная. В разрезе вскрыты протерозойские, палеозойские, мезозойские и кайнозойские осадки. Наиболее древние отложения изучены скважинами на Хорудалахской и Южно-Суолемской площадях в южной части региона.

На территории исследования в границах фанерозоя можно выделить два водоносных этажа: верхний, который является зоной активного водообмена, и нижний – затрудненного и застойного водообмена. Гидрогеологические комплексы объединяются в архейско-нижнепротерозойский (нерасчлененный), верхнепротерозойский, палеозойский, мезозойский и кайнозойский ярусы. Анализ фактического материала позволил выделить шесть водоносных комплексов на исследуемой территории (снизу вверх): 6) рифейско-кембрийский, 5) девонско-пермский, 4) триасово-нижнеплинсбахский, 3) юрский – в пределах нижнего водоносного этажа, 2) меловой, 1) четвертичный - в зоне активного водообмена (табл. 1).

Архейско-нижнепротерозойский водоносный ярус не вскрыт бурением в пределах исследуемых площадей. Однако, архей-протерозойские отложения изучены на Костроминской площади в пределах граничной Анабарской НГО. В литологическом составе преобладают гнейсы, кристаллические сланцы, карбонатные отложения, прорванные интрузиями основного состава. В результате испытания получены притоки подземных вод с минерализацией  $77,5 \text{ г/дм}^3$  хлоридного натриево-кальциевого состава. Содержания ( $\text{г/дм}^3$ ) натрия и калия достигают 19,1, магния – 0,5, кальция – 9,5, хлора – 47,5, гидрокарбонат-иона – 0,7, сульфат-иона – 0,1, брома и йода – не превышают  $10 \text{ мг/дм}^3$ .

Рифейско-кембрийский водоносный комплекс представлен эдиакарско-тойонским водоносным горизонтом и надежно изолирующими его в кровле и подошве верхнеучурско-нижнекерпыльским и амгинско-майским водоупорами. Верхнеучурско-нижнекерпыльский горизонт мощностью до 500 м сложен

темно-серыми глинистыми доломитами, мергелями, аргиллитами с линзами алевролитов и диабазов и относятся к билляхской серии рифея [5], коллекторские свойства этого горизонта весьма низкие. Он вскрыт на Хорудалахской, Южно- и Северно-Суолемской площадях (табл. 2). Залегающий выше эдиакарско-тойонский водоносный горизонт представлен совокупностью вендского чабуровского горизонта и доломитовой толщи нижнего кембрия. В его составе преобладают трещинные известняки и доломиты с песчаниками в основании суммарной мощностью до 250 м [6]. Терригенные породы в нижней части горизонта имеют пористость 15–20 % и проницаемость от 0,1 до 1 мкм<sup>2</sup>. Коллекторские свойства вышележащих доломитов нижнего и среднего кембрия не изучались, но по ГИС в них выделяется несколько проницаемых пластов с коллекторами порово-трещинного типа [4].

Таблица 1

Гидрогеологические подразделения Анабаро-Хатангской НГО

Водоносный этаж	Водоносный ярус	Водносный комплекс	Водоносный (5) / водоупорный (4) горизонт	Индекс	
Верхний 1(K-Q)	кайнозойский (Kz)	Четвертичный 8(Q)	полигенетический водоносный горизонт		
		Меловой 8(K)	готеривско-аптский	5(K <sub>1g</sub> -K <sub>1a</sub> )	
Нижний 9(Ar-MZ)	мезозойский (Mz)	Юрский 8(J)	верхнебатско-валанжинский-	4(J <sub>2bt3</sub> -K <sub>1v</sub> )	
			среднебатский	5(J <sub>2bt2</sub> )	
			байосско-нижнебатский	4(J <sub>2b</sub> -J <sub>2bt1</sub> )	
			тоарско-нижнебайосский	5(J <sub>1t</sub> -J <sub>2b1</sub> )	
			плинсбахско-нижнетоарский	4(J <sub>1p</sub> -J <sub>1t1</sub> )	
			триасово-нижне-плинсбахский 8(T-J <sub>1p</sub> )	верхнекорнийско-нижнеплинсбахский	5(T <sub>3k2</sub> -J <sub>1p</sub> )
		нижнекорнийский	4(T <sub>3k1</sub> )		
		анизийско-лайдинский	5(T <sub>2a</sub> -T <sub>2l</sub> )		
		оленекский	4(T <sub>1o</sub> )		
		палеозойский (Pz)	девонско-пермский 8(D-P)	вятский	4(P <sub>3v</sub> )
				ассельско-северодвинский	5(P <sub>1a</sub> -P <sub>3s</sub> )
				турнейско-серпуховский	5(C <sub>1t</sub> -C <sub>1s</sub> )
	эмско-фаменский			4(D <sub>1e</sub> -D <sub>3fm</sub> )	
	верхне-протерозойский (PR <sub>2</sub> )	рифейско-кембрийский 8(R-€)	амгинско-майский	4(-€ <sub>2am</sub> -€ <sub>2m</sub> )	
			эдиакарско-тойонский	5(V <sub>2e</sub> -€ <sub>1tn</sub> )	
			верхнеучурско-нижнекерпыльский	4(RF <sub>2a</sub> - RF <sub>3c</sub> )	
	архейско-нижнепротерозойский (AR-PZ <sub>1</sub> )				

Схема изученности бурением водоносных и водоупорных горизонтов  
на территории Анабаро-Хатангской НГО

Индекс горизонта	Восточная	Гуримисская	Ильинская	Кожевниковская	Нордвикская	Рыбинская	Северо- Суолемская	Сындасская	Улаханская	Хорудалахская	Чайдахская	Южно- Тягянская	Южно- Суолемская
5(P-Q)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5(K <sub>1g</sub> -K <sub>1a</sub> )	+	-	+	+	-	+	+	+	+	-	-	-	-
4(J <sub>2bt3</sub> -K <sub>1v</sub> )	+	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+
5(J <sub>2bt2</sub> )	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
4(J <sub>2b</sub> -J <sub>2bt1</sub> )	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+
5(J <sub>1t</sub> -J <sub>2b1</sub> )	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4(J <sub>1p</sub> -J <sub>1t1</sub> )	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5(T <sub>3k2</sub> -J <sub>1p</sub> )	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-
4(T <sub>3k1</sub> )	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-
5(T <sub>2a</sub> -T <sub>2l</sub> )	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-
4(T <sub>1o</sub> )	-	+	+	+	+	+	-	-	+	-	+	+	-
4(P <sub>3v</sub> )	-	+	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	+
5(P <sub>1a</sub> -P <sub>3s</sub> )	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
5(C <sub>1t</sub> -C <sub>1s</sub> )	-	-	+	-	+	-	+	-	-	-	+	-	+
4(D <sub>1e</sub> -D <sub>3fm</sub> )	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	+
4(-€ <sub>2am</sub> -€ <sub>2m</sub> )	+	-	-	-	-	+	+	-	+	+	-	-	+
5(V <sub>2e</sub> -€ <sub>1tn</sub> )	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+
4(RF <sub>2a</sub> - RF <sub>3c</sub> )	-	-	-	-	-	-	+	-	-	+	-	-	+
AR-PR <sub>1</sub>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

Амгинско-майский водоупорный горизонт, вскрытый на Рыбинской, Сындасской, Суолемской и Хорудалахской площадях, представлен пестроцветными аргиллитами, глинистыми доломитами и ангидритами толщиной до 400 м. Притоки вод из рифейско-кембрийского комплекса получены на Северо-Суолемской площади. Рассолы имеют минерализацию от 35 до 74 г/дм<sup>3</sup>. Содержания (г/дм<sup>3</sup>) натрия и калия достигают 19,5, магния – 1,0, кальция – 6,8, хлора – 44,1, гидрокарбонат-иона – 1,2, сульфат-иона – 2,2, брома и йода – не превышают 60 мг/дм<sup>3</sup>.

Верхнекембрийские, ордовикские и силурийские отложения в рассматриваемом регионе отсутствуют [4]. Девонско-пермский водоносный комплекс представлен эмско-фаменским и вятским водоупорным горизонтами, турнейско-серпуховским и ассельско-северодвинским - водоносными. Эмско-фаменский водоупорный горизонт изучен в естественных обнажениях и вскрыт скважинами Рыбинской, Сындасской, Суолемской и Хорудалахской площадей, сложен доломитами, известняками, гипсоносными и соленосными мергелями, гипсами, солями, ангидритами сопочной, юктинской, юрунгтумусской и нор-

двигской свит. Мощность в обнажениях превышает 500 м, в скважинах – 400 м. Соленосные отложения девона, выходящие на дневную поверхность на полуострове Нордвик, могут служить флюидоупором для возможных залежей в подстилающих и вмещающих соляные диапиры отложениях.

Турнейско-серпуховский водоносный горизонт представлен карбонатной толщей раннекаменноугольного возраста сложенной органогенно-обломочными известняками, доломитами с прослоями аргиллитов мощностью до 750 м. По данным ГИС в нижней части горизонта выделяются проницаемые пласты трещинно-кавернозного типа, обладающие высокими ФЕС. Ассельско-северодвинский водоносный горизонт не был объединён с нижезалегающим турнейско-серпуховским в связи со значительной разницей в составе пород и перерывом в осадконакоплении (или размывом), охватывающем средний и поздний карбон. Горизонт сложен терригенными породами тустахской, нижнекожевниковской, верхнекожевниковской и мисайлапской свит. В составе преобладает чередование песчаников, алевролитов и аргиллитов с редкими прослоями угля, встречаются интрузии долеритов. Вверх по разрезу наблюдается примесь туфогенного материала. Суммарная мощность пермских отложений достигает 2500 м. ФЕС терригенных пород по разрезу существенно изменяются. Пористость песчаников варьируется от 18–20 % до 10 %, проницаемость изменяется соответственно от  $7,8 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup> до  $0,01 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>. Пористость алевролитов составляет 9–10 %, проницаемость менее  $0,01 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>. Замыкающий разрез вятский водоупорный горизонт отделяет девонско-пермский комплекс от триасово-нижнеплинсбахского и представлен эффузивно-туфовой свитой, сложенной туфами, туффитами и основными эффузивами с прослоями песчаников и алевролитов мощностью до 230 м.

Притоки хлоридно-натриевых вод из турнейско-серпуховского водоносного горизонта получены на Гуримисской и Южно-Суолемской площадях. Их минерализация составляет 23–25 г/дм<sup>3</sup>, содержания (г/дм<sup>3</sup>) натрия и калия достигают 8,8, магния – 2,4, кальция – 1,2, хлора – 15,2, гидрокарбонат-иона – 0,2, сульфат-иона – 3,6, брома не превышают 50, а йода – 3 мг/дм<sup>3</sup>.

Ассельско-северодвинский водоносный горизонт хорошо опробован в исследуемом регионе на Гуримисской, Ильинской, Кожевниковской, Северо-Суолемской, Сындасской, Улаханской и Чайдахской площадях в связи с нефтегазоносностью пермских отложений. Полученные воды имеют весьма разнообразный состав с минерализацией от 15,2 до 144,6 г/дм<sup>3</sup>. Столь высокая минерализация объясняется процессами выщелачивания нижележащих соленосных девонских отложений. Содержания основных компонентов также варьируют в широких пределах (г/дм<sup>3</sup>) натрия и калия от 5,2 до 45,5; магния от следов до 1,9; кальция – 0,6 до 13,4; хлора – от 9,2 до 87,1; гидрокарбонат-иона – от следов до 0,5; сульфат-иона – от следов до 0,9; брома не превышают 50, а йода – 12, бора – 10 мг/дм<sup>3</sup>.

Триасово-нижнеплинсбахский водоносный комплекс состоит из оленекского и нижнекорнийского водоупорных и анизийско-лайдинского и верхнекорнийско-нижнеплинсбахского водоносных горизонтов. Оленекский горизонт

мощностью до 80 м представлен морскими темноцветными аргиллитами и глинистыми алевролитами ыстынахской и пастахской свит. Вышезалегающий анизийско-лайдинский водоносный горизонт достигает толщин 220 м и представлен чередованием сероцветных прибрежно-морских песчаников, алевролитов и аргиллитов анабарской и гуримисской свит [6]. Коллекторские свойства песчаников изменяются в широких пределах: пористость от 6 до 35 %, а проницаемость от 0,05 до  $131 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>. В его пределах известная залежь нефти на Нордвикской площади.

Перекрывающий его нижнекорнийский водоупорный горизонт слагается морскими темно-серыми аргиллитами и алевролитами осипайской свиты мощностью до 30 м. Верхнекорнийско-нижнеплинсбахский водоносный горизонт представлен совокупностью чайдахской, тумулской и зимней свит. В его составе преобладают мелководно- и прибрежно-морские сероцветные песчаники с прослоями алевролитов и аргиллитов. В верхней части встречаются прослои гравелитов, конгломератов и рассеянные галька и гравий. Коллекторские свойства песчаников достаточно высокие — пористость от 19 до 23,5 %, проницаемость от 1,7 до  $10 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>. Пористость алевролитов составляет 10–17 %, а проницаемость — от 10 до  $17 \times 10^{-3}$  мкм<sup>2</sup>.

Гидрогеохимическое опробование триасово-нижнеплинсбахского водоносного комплекса проведено на Кожевниковской площади, в результате получены воды с минерализацией 43-49 г/дм<sup>3</sup>, содержания (г/дм<sup>3</sup>) натрия и калия достигают 21,6, магния — 0,2, кальция — 1,3, хлора — 26,2, гидрокарбонат-иона — 0,1.

Юрский водоносный комплекс представлен плинсбахско-нижнетоарским и байосско-нижнебатским водоупорными и тоарско-нижнебайосским и среднебатским водоносными горизонтами. Плинсбахско-нижнетоарский водоупорный горизонт представлен совокупностью аиркатской и китербютской свитами, сложенными тонкоотмученными часто битуминозными аргиллитами, глинами и алевролитами общей мощностью до 200 м [7]. Вышезалегающий тоарско-нижнебайосский водоносный горизонт состоит из песчано-алевритовой толщи эренской и хорогонской свит общей мощностью до 130 м в нижней части и песчанистыми алевролитами арангастахской свиты толщиной до 60 м. Перекрывающий его байосско-нижнебатский водоупорный горизонт представлен нижней частью юрунгтумусской свиты, сложенной темно-серыми аргиллитами и глинами [7]. Выше залегают среднебатский водоносный горизонт, представленный крупнозернистыми песчанистыми алевролитами с прослоями глинистых алевролитов. Юрский комплекс отделен от вышезалегающего мелового мощным верхнебатско-валанжинским водоупором, сложенным совокупностью глинистых сиговской/урдюкхаинской, буолкалахской и харабыльской/паксинской свит суммарной мощностью до 500 м. Горизонт сложен глауконитовыми глинами, аргиллитами часто битуминозными.

Меловой комплекс, относящийся к зоне активного водообмена, представлен готеривско-аптским водоносным горизонтом, сложенным тигянской, сангасалинской и рассохинской свитами [7]. В его составе преобладают мелководно-морские и прибрежные разномызернистые пески с прослоями алевритов, бурого угля и глин

общей мощностью до 700 м. Он развит неравномерно на территории исследования, отсутствует в ряде скважин (см. табл. 2). Вышезалегающие верхнемеловые, палеогеновые и неогеновые осадки на исследуемой территории отсутствуют.

Завершает разрез полифациальный водоносный комплекс четвертичных отложений, практически сплошным маломощным чехлом покрывающий территорию исследования. Осадки, по данным колонкового бурения, представлены полигенетическими песками, суглинками, супесями рыхлыми, с включениями растительных остатков, торфа. Повсеместно наблюдаются включения льда в виде слоев и многочисленных линз. В пределах Анабаро-Хатангской зоны комплекс практически не изучен, ввиду того, что зона деятельного слоя (талого) не превышает 50 см, т.е. отложения комплекса повсеместно заморожены. По химическому составу подземные воды в основном гидрокарбонатные кальциевые с минерализацией до 0,1 – 0,2 г/дм<sup>3</sup>.

*Исследования проводились при финансовой поддержке проекта ФНИ № 0331-2019-0025 «Геохимия, генезис и механизмы формирования состава подземных вод арктических районов осадочных бассейнов Сибири» и Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 18-05-70074 «Ресурсы Арктики».*

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Методические рекомендации по составлению карт гидрогеологического районирования масштаба 1: 2 500 000, схем гидрогеологической стратификации и классификаторов объектов гидрогеологического районирования и стратификация. – М.: МПР России, 2004. – 29 с.
2. Новиков Д. А., Сухорукова А. Ф. Высокоминерализованные воды полуострова Юрюнг-Тумус // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Новые направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых» : сб. материалов в 2 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 1. – С. 109–113.
3. Решения 3-го Межведомственного регионального стратиграфического совещания по мезозою и кайнозою Средней Сибири. -Новосибирск, 1981. -91 с.
4. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Кембрий Сибирской платформы. В 2 Т. Т.1 / Сухов С.С., Шабанов Ю.Я., Пегель Т.В. [и др]. – Новосибирск: ИНГГ СО РАН, 2016. – 497 с.
5. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Рифей и венд Сибирской платформы и ее складчатого обрамления / Мельников Н.В., Якшин М.С., Шишкин Б.Б. [и др] – Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2005. – 428 с.
6. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Триасовая система / Казаков А.М., Константинов А.Г., Курушин Н.И. [и др]. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «ГЕО», 2002. – 322 с.
7. Стратиграфия юры и мела Анабарского района (Арктическая Сибирь, побережье моря Лаптевых) и бореальный зональный стандарт / Никитенко Б.Л., Шурыгин Б.Н., Князев В.Г. [и др] // Геология и геофизика. – 2013. – Т. 54. – № 8. – С. 1047-1082.
8. Novikov D.A. Hydrogeochemistry of the Arctic areas of Siberian petroleum basins // Petroleum Exploration and Development. – 2017. – V. 44. – № 5. – P. 780-786.

© Я. В. Садыкова, 2019