

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.20>

ПРИРОДА АНОМАЛЬНО ВЫСОКИХ ПЛАСТОВЫХ ДАВЛЕНИЙ В ХАПЧАГАЙСКОМ МЕГАВАЛЕ

Научная статья

Менкярова В.С.^{1,*}

¹ ORCID : 0000-0002-0552-3228;

¹ Северо-Восточный Федеральный университет им.М.К. Аммосова, Якутск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (vassamenkyarova15[at]gmail.com)

Аннотация

При проведении поисково-разведочных работ в пределах Вилюйской нефтегазоносной области установлено наличие аномально высоких пластовых давлений (АВПД) в пермо-триасовом комплексе отложений Хапчагайского мегавала Вилюйской синеклизы с коэффициентом аномальности 1,25-1,35. Сделан обзор основных научных представлений о природе АВПД в верхнепермско-нижнетриасовом комплексе отложений Хапчагайского газосного района (пермские залежи и залежи, приуроченные в неджелинской свите). По всей видимости, главной причиной наличия АВПД в пермо-триасовом комплексе отложений является продолжающаяся в настоящее время генерация газовых углеводородов в пермской части разреза экранируемая достаточно эффективным неджелинским флюидоупором. Наличие АВПД в нижних частях разреза Хапчагайского газосного района создает возможности для техногенной регенерации выработанных залежей в верхней части разреза.

Ключевые слова: пермо-триасовый комплекс отложений, Хапчагайский мегавал, коэффициент аномальности, пластовое давление, глинистые породы, процесс осмоса, катагенетического преобразования пород, тектонический процесс, отрицательная структура Сибирской платформы, неджелинская свита, флюидоупор, эмиграция углеводородов, кольтация порового пространства.

THE NATURE OF ABNORMALLY HIGH TERRASTIC PRESSURES IN THE KHAPCHAGAI MEGASWELL

Research article

Menkyarova V.S.^{1,*}

¹ ORCID : 0000-0002-0552-3228;

¹ North Eastern Federal university, Yakutsk, Russian Federation

* Corresponding author (vassamenkyarova15[at]gmail.com)

Abstract

During the prospecting and exploration work within the Viliui oil and gas bearing area, the presence of abnormally high terrastic reservoir pressures (АНТП) in the Permo-Triassic complex deposits of the Khapchagai megaswell of the Viliui syneclyse with the coefficient of anomaly 1.25-1.35 was established. A review of the basic scientific ideas about the nature of the АНТП in the Upper Permian-Lower Triassic complex deposits of Khapchagai gas-bearing area (Permian deposits and deposits confined to the Nedzhelinskaya formation). Most likely, the main reason for the presence of АНТП in the Permo-Triassic complex of deposits is the ongoing generation of gas hydrocarbons in the Permian part of the section, screened by a fairly effective Nedjelinskii fluid seals. The presence of АНТП in the lower parts of the section of the Khapchagai gas-bearing region creates opportunities for technogenic regeneration of depleted deposits in the upper part of the section.

Keywords: Permo-Triassic sediment complex, Khapchagai megaswell, anomaly coefficient, terrastic pressure, clay minerals, osmosis process, catagenetic transformation of rocks, tectonic process, negative structure of the Siberian platform, Nedzelinskaya formation, fluvio-pore, hydrocarbon emigration, colmatation of pore space.

Введение

При проведении поисково-разведочных работ в пределах Вилюйской нефтегазоносной области установлено наличие аномально высоких пластовых давлений (АВПД) в пермо-триасовом комплексе отложений Хапчагайского мегавала с коэффициентом аномальности 1,25-1,35. При этом коэффициент аномальности растёт с запада на восток (с углублением). На остальных территориях Вилюйской нефтегазоносной области пластовые давления вписываются в интервалы гидростатического давления (давлению столба воды). По генезису АВПД в этих отложениях не имеется консолидированной точки зрения. Основными факторами образования АВПД традиционно считаются уплотнение глинистых пород, процессы осмоса, катагенетического преобразования пород и содержащегося в них органического вещества, тектонические процессы, геотермические условия земных недр и т.д. Несомненно, указанные факторы могут быть в той или иной степени определяющими в зависимости от геологического строения недр и происходящих и происходивших в ней процессов. На примере Хапчагайского мегавала попытаемся выяснить генезис АВПД в пермо-триасовом комплексе отложений.

Постановка проблемы

Хапчагайский мегавал – положительная структура I порядка расположена в центральной части Вилюйской синеклизы. Вилюйская синеклиза является наиболее крупной отрицательной структурой Сибирской платформы. По данным бурения в Хапчагайский мегавал вскрыт верхнепалеозойско-мезозойский осадочный чехол до глубины 6519 м,

из них 446 м отложений верхнего карбона [1]. Мегавал проявляется по толщине батыльхской свиты, которая варьирует от первых сотен метров на Хапчагайском поднятии и более 1000 м во впадинах, который многими исследователями рассматривается как показатель времени роста Хапчагайского мегавала. Он имеет субширотное простирание с протяженностью 200-240 км при ширине 45-50 км. Амплитуда мегавала составляет более 1000 м. На севере мегавал сопряжен с Линденской впадиной, на юге с Тангнарынским прогибом, на востоке плавно погружается в сторону центральной части Предверхоанского прогиба, западный контур его дан по восточной границе глубокого прогиба, существующего между мегавалом и Тюкян-Чебыдинской моноклиналию. Северное крыло мегавала более крутое до 7-8°, южное более пологое 2-3° (по сейсмическому горизонту ТП, соответствующему границе триас-пермь) [2].

В пределах Хапчагайского мегавала по мезозойским и пермским отложениям выделяются западная (Средневилюйская брахиантиклиналь), центральная (Толонская и Мастахская) и восточная (Соболюхская и Неджелинская) группы складок. Кроме того, к Хапчагайскому мегавалу относят Бадаранскую структуру.

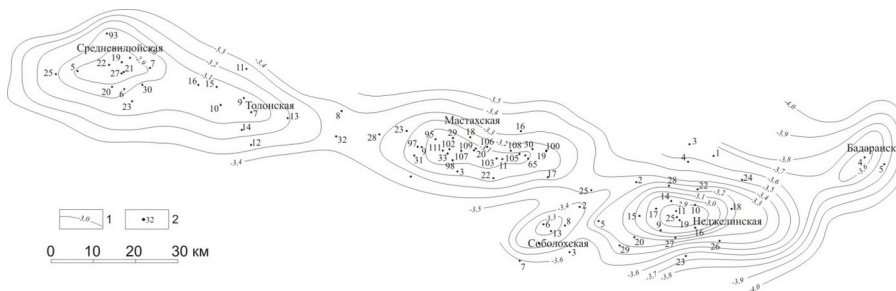


Рисунок 1 - Структурный план Хапчагайского мегавала по отражающему горизонту ТП

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.20.1>

Хапчагайский мегавал, осложненный вышеперечисленными складками, в целом имеет довольно сложное строение. Фиксируется постепенное погружение шарнира вала в восточном направлении. Так, например, максимальные отметки кровли триасовых отложений по скважине с запада на восток изменяются следующим образом: Средневилюйская структура – 1550 м, Толонская - 1900 м, Мастахская – 1930, Неджелинская – 1650 м, Бадаранская – 2320 м [3].

Современный тектонический план Хапчагайского мегавала и всех его структур, контролирующих залежи газа, сформировались, по мнению большинства исследователей к концу нижнемелового времени [2], [4].

Относительно природы АВПД в пермо-триасовом комплексе отложений Хапчагайского мегавала также высказываются различные точки зрения. Дискуссионный вопрос природы аномально высоких пластовых давлений (АВПД) в верхнепермском комплексе отложений Хапчагайского района достаточно широко рассмотрен в коллективной статье [5]. В указанной работе, проанализировав различные варианты объяснения природы АВПД в пермо-триасовом комплексе, авторы [5] объясняют АВПД преимущественно за счет латеральной миграции УВ из прилегающей Линденской впадины, в пределах которой отложения перми залегают на больших глубинах (более 5 км).

Между тем, в статье А.А. Грауссман «О природе давлений во флюидных системах осадочных бассейнов» подвергается к сомнению существование так называемого «условного гидростатического столба» в глубинах размещения залежей нефти и газа. По мнению А.А. Грауссман граница между инфильтрационной водонапорной системой (зона гидростатических давлений) и эксфильтрационной (элизионной зоной) проводится на уровне базиса эрозии. Т.е., если геогидродинамическая система расположена выше базиса эрозии, то движение вод возможно за счет энергии положения самой системы, если ниже (не имеет наружного стока), то гидростатического напора, существующего в «области питания», не хватит для энергетического обслуживания движения вод [6]. По Грауссман, пластовое давление в водонасыщенных породах осадочного чехла определяется упругой энергией (напряжениями) в скелете пород. Обосновывается минимальный порог пористости в 8%, при которой возможна проницаемость, т.е. существуют взаимосвязанные поры (открытая пористость). К сожалению, в своей статье А.А. Грауссман не объясняет причину резкого скачка напряженности скелета между пермо-триасовыми и триасовыми комплексами отложений за какие-то 100-120 м разности по глубине.

Экспериментальная часть

Для оценки изменения пористости от глубины в верхнепалеозойско-мезозойских отложениях изучаемого района построен график зависимости изменения коэффициента пористости от глубины по скважине №27. Скважина №27 имеет глубину 6519 м, является сверхглубокой на территории Республики Саха (Якутии) и пробурена на Средневилюйской структуре Хапчагайского мегавала Вилюйской нефтегазоносной области. Коэффициенты пористости кроме ядерного материала были оценены по каротажным кривым ИК, АК и БК. Выборку попали интервалы с коллекторами и не коллекторами, глинистыми и неглинистыми разностями плотных пород вскрытых скважиной №27. Всего 343 определений начиная с глубины от 1200 до 6500 метров.

Как видно из рисунка, начиная с глубины 4000 м (абс. отм.), аппроксимирующая кривая спускается ниже 8% пористости. Можно уверенно предположить, что для верхнепалеозойско-мезозойского осадочного чехла Вилюйской нефтегазоносной области начиная с глубины 4000 м, поровая проницаемость флюидов исключается. Верхнепермский водоносный комплекс в пределах Хапчагайского мегавала залегают на глубине более 3000 м [7].

Поскольку амплитуда мегавала составляет более 1000 м, то верхнепермский водоносный комплекс в регионе представляется латерально ограниченным. При этом верхнепермские отложения представлены песчаниками с

прослоями и линзами аргиллитов с очень плотной упаковкой и наличием тонкозернистого обломочного материала. Продуктивные пласты, вскрытые в пределах Хапчагайского мегавала, отличаются сложным внутренним строением, как за счет условий осадконакопления, так и из-за влияния комплекса вторичных изменений.

В этой связи природа АВПД в пермо-триасовом комплексе отложений может быть объяснена только вертикальным притоком УВ. Существование высокой газовой залежи исключается по промысловым характеристикам. При этом процессы аккумуляции и формирования залежей, по всей видимости, продолжают и в настоящее время [8].

Несомненно, современному этапу аккумуляции и формирования предшествовали более ранние этапы формирования скоплений УВ. В этой связи, особый интерес вызывает статья В.П. Киселева о роли АВПД в формировании залежей газа в пределах Хапчагайского мегавала [9]. Автор, при изучении трещиноватости неджелинской свиты (флюидопор пермо-триасового комплекса), выявил локализацию последних в сводовых частях залежей в пермо-триасовом комплексе Хапчагайского мегавала.

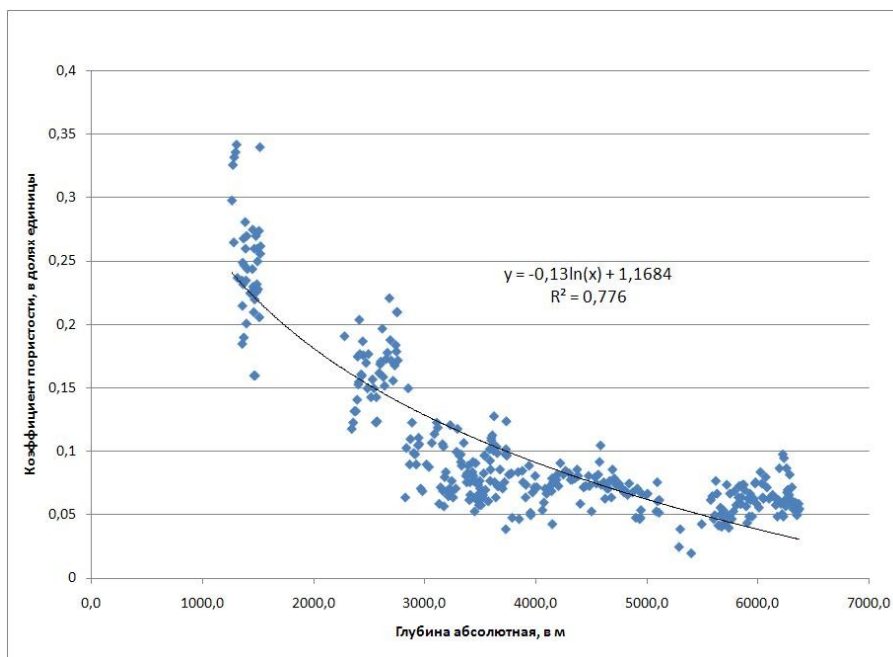


Рисунок 2 - Зависимость коэффициента пористости верхнепалеозойско-мезозойских отложений от глубины в скважине № 27

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.20.2>

Примечание: Средневилюйская площадь

Наличие трещиноватости в сводовых частях он связывает прорывом неджелинского флюидопора из-за перепада пластовых давлений. Эмиграция углеводородов в вышелегающие продуктивные горизонты обуславливает подтягивание подошвенных и законтурных вод в пермо-триасовом комплексе. Далее, по мере уравнивания пластовых давлений до гидростатических норм трещины в неджелинской свите залечиваются кальцитом, а в проницаемых пластах происходит коагуляция порового пространства за счет выпадения из раствора минералов кальция. Как приводилось выше, проницаемые пласты пермского возраста имеют сверхсложное распределение фильтрационно-емкостных свойств в пространстве и интенсивно карбонатизированы. В качестве доказательства перетока углеводородов через неджелинскую свиту В.П. Киселев приводит описание трещиноватого керна неджелинской свиты с примазками и прожилками битума (скв.18, 25 Неджелинская площадь, скв. 22 Средневилюйская площадь и др.). По характеру прорастания битума с кристаллами кальцита, делает вывод об одновременной с кальцитом генерации битума вторичной эмиграции.

Заключение

По всей видимости, неджелинская свита служит неким «природным клапаном» в пределах Хапчагайского мегавала, которая накапливает исходящие из глубин углеводороды и выпускает их при достижении определенной величины пластового давления.

Таким образом, главной причиной образования АВПД в пермо-триасовом комплексе отложений представляется продолжающаяся в настоящее время генерация газовых углеводородов в пермской части разреза под достаточно эффективным неджелинским флюидопором.

Относительно спокойная тектоническая позиция и наличие признаков активных процессов газообразования в Центральной части Вилюйской синеклизы свидетельствуют о высоких перспективах нефтегазоносности рассматриваемой территории.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.20.3>**Conflict of Interest**

None declared.

Review

International Research Journal Reviewers Community

DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2023.127.20.3>**Список литературы / References**

1. Сивцев А.И. Изучение неоднородности продуктивного горизонта Т1-III и ее влияние на геолого-промысловые характеристики залежи (На примере Средневилюйского ГКМ): автореф. дис. ... канд. геол.-минер. наук / А.И. Сивцев. — Якутск, 2011. — 18 с.
2. Анциферов А.С. Геология нефти и газа Сибирской платформы / А.С. Анциферов, В.Е. Бакин, И.П. Варламов и др.; под ред. А.Э. Конторовича, В.С. Суркова, А.А. Трофимука. — М.: Недра, 1981. — 552 с.
3. Сафронов А.Ф. Геология нефти и газа / А.Ф. Сафронов. — Якутск: ЯНЦ СО РАН, 2000. — 163 с.
4. Мокшанцев К.Б. Тектоническое строение Якутской АССР / К.Б. Мокшанцев, Д.К. Горнштейн, Г.С. Гусев и др. — М.: Наука, 1964. — 240 с.
5. Погодаев А.В. Литологические и гидродинамические особенности газоносности верхнепермских и нижнетриасовых отложений Хапчагайского района Вилюйской нефтегазоносной области / А.В. Погодаев, В.С. Ситников, Б.А. Лысов // Геология нефти и газа. — 2012. — Вып. 4. — с. 2-12.
6. Граусман А.А. О природе давлений во флюидных системах осадочных бассейнов / А.А. Граусман // Геология нефти и газа. — 1999. — Вып. 11-12. — с. 49-56.
7. Грубов Л.А. Сравнительная оценка гидродинамических условий различных районов Якутского артезианского бассейна в связи с нефтегазоносностью. Гидрогеологические исследования в нефтегазоносных районах / Л.А. Грубов, В.И. Славин. — Л.: Изд-во ВНИГРИ, 1971. — 278 с.
8. Зуева И.Н. Нефтегенерационный потенциал рассеянного органического вещества пермских отложений Вилюйского бассейна / И.Н. Зуева, О.Н. Чалая, А.Ф. Сафронов и др. // Наука и образование. — 2017. — 2(86). — с. 17-21
9. Киселев В.П. Роль АВПД в формировании залежей газа в пределах Хапчагайского мегавала / В.П. Киселев // Геология месторождений нефти и газа Сибирской платформы. — Новосибирск: СНИИГГиМС, 1984. — с. 92-94.
10. Юрова М.П. Роль глинистых минералов в вулканогенных залежах углеводородов с аномально высоким пластовым давлением (Хапчагайский мегавал Вилюйской синеклизы) / М.П. Юрова // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. — 2019. — 12. — с. 34-39.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Sivcev A.I. Izuchenie neodnorodnosti produktivnogo gorizonta T1-III i ee vliyanie na geologo-promyslovyje harakteristiki zalezhi (Na primere Sredneviljujskogo GKM) [Studying the Heterogeneity of the T1-III Productive Horizon and its Impact on the Geological and Production Characteristics of the Deposit (Case Study of the Sredneviljuisky Gas Condensate Field)]: autoabst. dis. ... for PhD in Mineral Sciences / A.I. Sivcev. — Yakutsk, 2011. — 18 p. [in Russian]
2. Anciferov A.S. Geologija nefti i gaza Sibirskoj platformy [Oil and Gas Geology of the Siberian Platform] / A.S. Anciferov, V.E. Bakin, I.P. Varlamov et al.; ed. by A.Je. Kontorovicha, V.S. Surkova, A.A. Trofimuka. — M.: Nedra, 1981. — 552 p. [in Russian]
3. Safronov A.F. Geologija nefti i gaza [Oil and Gas Geology] / A.F. Safronov. — Yakutsk: JaNC SO RAS, 2000. — 163 p. [in Russian]
4. Mokshancev K.B. Tektonicheskoe stroenie Jakutskoj ASSR [Tectonic Structure of the Yakut ASSR] / K.B. Mokshancev, D.K. Gornshitejn, G.S. Gusev et al. — M.: Nauka, 1964. — 240 p. [in Russian]
5. Pogodaev A.V. Litologicheskie i gidrodinamicheskie osobennosti gazonosnosti verhneperskih i nizhnetriasovyh otlozhenij Napchagajskogo rajona Viljujskoj neftegazonosnoj oblasti [Lithological and Hydrodynamic Peculiarities of Upper Permian and Lower Triassic Gas Deposits in the Khapchagai Region of the Vilyui Oil and Gas Province] / A.V. Pogodaev, V.S. Sitnikov, B.A. Lysov // Geologija nefti i gaza [Oil and Gas Geology]. — 2012. — Iss. 4. — p. 2-12. [in Russian]
6. Grausman A.A. O prirode davlenij vo fljuidnyh sistemah osadochnyh bassejnov [On the Nature of Pressures in Sedimentary Basin Fluid Systems] / A.A. Grausman // Geologija nefti i gaza [Oil and Gas Geology]. — 1999. — Iss. 11-12. — p. 49-56. [in Russian]
7. Grubov L.A. Sravnitel'naja ocenka gidrodinamicheskikh uslovij razlichnyh rajonov Jakutskogo artezianskogo bassejna v svjazi s neftegazonosnost'ju. Gidrogeologicheskie issledovanija v neftegazonosnyh rajonah [Comparative Assessment of Hydrodynamic Conditions in Different Areas of the Yakut Artesian Basin in Relation to Oil and Gas Reservoirs. Hydrogeological studies in oil and gas bearing areas] / L.A. Grubov, V.I. Slavin. — L.: Publishing house VNIGRI, 1971. — 278 p. [in Russian]
8. Zueva I.N. Neftegeneracionnyj potencial rassejannogo organicheskogo veshhestva permskih otlozhenij Viljujskogo bassejna [Oil-generating Potential of Disseminated Organic Matter from Permian Sediments of the Vilyui Basin] / I.N. Zueva, O.N. Chalaja, A.F. Safronov et al. // Nauka i obrazovanie [Science and Education]. — 2017. — 2(86). — p. 17-21 [in Russian]
9. Kiselev V.P. Rol' AVPD v formirovanii zalezhej gaza v predelah Napchagajskogo megavala [The Role of AGD in the Formation of Gas Deposits within the Napchagai Megaval] / V.P. Kiselev // Geologija mestorozhdenij nefti i gaza Sibirskoj platformy [Geology of Oil and Gas Fields on the Siberian Platform]. — Novosibirsk: SNIIGGiMS, 1984. — p. 92-94. [in Russian]

10. Jurova M.P. Rol' glinistyh mineralov v vulkanogennyh zalezah uglevodorodov s anomal'no vysokim plastovym davleniem (Нарчгагэжскэ мегавал Вилжуэскэ синеклизэ) [The Role of Clay Minerals in Volcanogenic Hydrocarbon Deposits with Abnormally High Reservoir Pressure (Нарчгагаи Мегавал of the Viliui Syneclyse)] / M.P. Jurova // Geologija, geofizika i razrabotka neftjanyh i gazovyh mestorozhdenij [Geology, Geophysics and Oil and Gas Field Development]. — 2019. — 12. — p. 34-39. [in Russian]