

*А. Г. Плавник<sup>1</sup>, Ю. И. Сальникова<sup>1, 2\*</sup>, Р. Н. Абдрашитова<sup>2</sup>*

## **Гидрогеохимический мониторинг апт-альб-сеноманского водоносного комплекса в центральных районах Западно-Сибирского мегабассейна в связи с высокой техногенной нагрузкой**

<sup>1</sup> Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской академии наук Западно-Сибирский филиал, г. Тюмень, Российская Федерация

<sup>2</sup> Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, Российская Федерация

\* e-mail: salnikova.julja@rambler.ru

**Аннотация.** Целью исследования являлась оценка изменения гидрогеохимических условий апт-альб-сеноманского водоносного комплекса под влиянием многолетних разнонаправленных процессов: с одной стороны – это добыча подземных вод для поддержания пластового давления в продуктивных горизонтах и с другой стороны – закачка излишков попутных вод. Актуальность исследования обоснована необходимостью понимания изменений гидрогеохимических условий комплекса на основе данных мониторинга в связи со значительным техногенным воздействием. В статье проанализированы данные по трем нефтяным месторождениям Широкого Приобья Западной Сибири. Для достижения цели исследования были использованы методы систематизации информации по 2 этапам: до начала работы системы поддержания пластового давления (неизменный гидрогеохимический фон) и после начала функционирования системы поддержания пластового давления (в этот же этап входит закачка в комплекс излишков попутных вод). Для указанных этапов построены гидрогеохимические карты пластовых вод комплекса по основным макрокомпонентам (минерализация,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ) с использованием программного комплекса GST, основанного на методе обобщенной сплайн-аппроксимации. В результате выполненного исследования получено, что типовая природная принадлежность и химический состав вод апт-альб-сеноманского комплекса, несмотря на значительную техногенную нагрузку, остаются близкими к природному фону. Полученные результаты подтвердили гипотезу о том, что на текущее время сохраняется природное гидрогеохимическое равновесие в системе «вода-порода» исследуемого апт-альб-сеноманского комплекса.

**Ключевые слова:** мониторинг подземных вод, попутные воды, Западно-Сибирский мегабассейн, месторождения углеводородов

*A. G. Plavnik<sup>1</sup>, Yu. I. Salnikova<sup>1, 2\*</sup>, R. N. Abdrashitova<sup>2</sup>*

## **Hydrogeochemical monitoring of the Aptian-Albian-Cenomanian aquifer complex in the central regions of the West Siberian megabasin due to high technogenic load**

<sup>1</sup> Institute of Petroleum Geology and Geophysics. A.A. Trofimuk, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, West Siberian Branch, Tyumen, Russian Federation

<sup>2</sup> Tyumen Industrial University, Tyumen, Russian Federation

\* e-mail: salnikova.julja@rambler.ru

**Abstract.** The purpose of the study was to assess changes in the hydrogeochemical conditions of the Aptian-Albian-Cenomanian aquifer complex under the influence of long-term multidirectional processes: on the one hand, the extraction of groundwater to maintain reservoir pressure in productive horizons and, on the other hand, the injection of excess associated water. The relevance of the study is justified by the need to understand changes in the hydrogeochemical conditions of the complex based on monitoring data in connection with significant technogenic impact. The article analyzes data on the three oil fields of the Latitudinal Ob region of Western Siberia. To achieve the goal of the study, methods were used to systematize information in 2 stages: before the start of operation of the reservoir pressure maintenance system (unchanged hydrogeochemical background) and after the start of operation of the reservoir pressure maintenance system (the same stage includes the injection of excess associated water into the complex). For these stages, hydrogeochemical maps of formation waters of the complex were constructed for the main macrocomponents (mineralization,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ) using the GST software package, based on the generalized spline approximation method. As a result of the study, it was found that the typical natural identity and chemical composition of the waters of the Aptian-Albian-Cenomanian complex, despite the significant technogenic load, remain close to the natural background. The results obtained confirmed the hypothesis that the natural hydrogeochemical equilibrium in the “water-rock” system of the studied Aptian-Albian-Cenomanian complex is currently preserved.

**Keywords:** groundwater monitoring, produced waters, West Siberian megabasin, hydrocarbon deposits

### *Введение*

Данные мониторинга водоносных горизонтов, содержащих залежи углеводородов, в различных регионах мира часто свидетельствуют о непрогнозируемых изменениях гидрогеологических условий, связанных с превышением предельно допустимых концентраций различного рода загрязняющих веществ (Yang D. and al., 2021; Nelson R. and al., 2020; Hildenbrand Z. and al., 2016; Wang J., 2022). Для предупреждения и защиты подземной гидросферы при эксплуатации месторождений углеводородов многие исследователи призывают к разработке новых методов контроля (Kresse T. and al., 2014; Wen T. and al., 2019; Everett R. and al., 2020 Davis T. and al., 2018), основанных на многофакторном подходе к мониторингу и полной оценке всех возможных рисков в реальном времени (Stephens M. and al., 2021; Wright M. and al., 2019).

Также как и во всем мире, актуальность вопросов контроля и сохранения подземной гидросферы неуклонно возрастает и в Западной Сибири. Процессы заводнения нефтяных месторождений с целью поддержания пластового давления, размещение в недрах излишков попутно добываемых, сточных и технических флюидов, отбор значительных объемов вод апт-альб-сеноманского водоносного комплекса (ААС ВК), а также длительный период ведения промышленных работ (десятки лет), повлекли за собой масштабные перераспределения флюидов в регионе.

В рамках современных представлений (Абукова Л.А. и др., 2015; Муляк В.В., 2008) мониторинг должен включать часть, учитывающую конкретные геолого-гидрогеологические условия месторождений УВ. Это касается, например, идентификации генетической принадлежности вод, поступающих на забой экс-

плуатационных скважин, прогноза направлений продвижения фронта пластовых вод, определения качества водоизоляционных работ, времени выхода скважин на нормальный режим после их капитальных ремонтов.

В данном исследовании мы проанализировали все существующие многолетние результаты гидрогеохимического опробования ААС ВК на Западно-Усть-Балыкском, Мегионском и Тайлаковском месторождениях нефти. Ведение мониторинга подземных вод на этих месторождениях Западной Сибири с продолжительной историей эксплуатации позволяет разделить параметры состояния контролируемого объекта на природный и техногенный фон. При наличии многолетних непрерывных наблюдений (более 10 лет) возможно оценить общие тенденции изменений геохимии вод ААС ВК.

Целью исследования являлась оценка гидрогеохимического поля апт-альбсеноманского водоносного комплекса под влиянием многолетних разнонаправленных процессов: добычи подземных вод для поддержания пластового давления (ППД) в продуктивных горизонтах и закачки излишков попутных вод.

### ***Методы и материалы***

Для достижения цели в ходе исследования были решены следующие задачи:

1. систематизация и сбор данных отбора вод ААС ВК для обеспечения ППД, и утилизации излишков попутных вод в пласты-коллекторы ААС ВК на исследуемых месторождениях;

2. анализ изменений химического состава, содержания макро- и микрокомпонентов в водах ААС ВК по результатам многолетнего мониторинга.

Гидрохимические данные за весь период эксплуатации исследуемых месторождений по времени отбора проб были разделены на 2 этапа: 1 этап – до начала работы системы ППД (когда добыча нефти идет за счет упругого режима залежи), 2 этап – с начала функционирования системы ППД до настоящего времени (по 2023 год включительно). Гидрогеохимическая информация по данным месторождениям сгруппирована и проанализирована в соответствии с указанными этапами.

В целом по 1 этапу были использованы 52 результата гидрогеохимического опробования пластовых вод ААС ВК (суммарно по трем месторождениям), по 2 этапу – 1134 пробы воды, отобранных в рамках мониторинга.

### ***Результаты***

Мегионское, Западно-Усть-Балыкское и Тайлаковское месторождения расположены в центральной части Западно-Сибирского мегабассейна (ЗСМБ) – Широкому Приобью.

Указанные выше месторождения эксплуатируются достаточно длительное время. На начальной стадии разработки месторождений добыча нефти велась на естественном режиме, без закачки воды в продуктивные пласты. Но начиная с 1967 года на Мегионском месторождении, с 2006 – на Тайлаковском и с 2011 – на Западно-Усть-Балыкском ведется закачка вод в продуктивные горизонты для повышения нефтеотдачи. Для этого используются подземные воды ААС ВК.

Параллельно функционированию системы ППД происходил рост обводненности нефти, и с 2015 года объемы излишков минерализованной воды, отделенной от нефти (попутно добываемой) достигли объемов, подлежащих утилизации. Трансформация гидрогеохимического поля, безусловно, зависит и от объемов извлекаемых и закачиваемых вод в недра [1, 2]. Значительные объемы вод ААС ВК попадают в ниже залегающие продуктивные горизонты неокомских и юрских отложений, а излишки попутных вод – в ААС ВК.

Накопленные объемы отбора вод ААС ВК для обеспечения работы системы ППД на Западно-Усть-Балыкском месторождении составили 14709 тыс. м<sup>3</sup>, на Мегионском месторождении – 33019 тыс. м<sup>3</sup>, на Тайлаковском месторождении – 55189,4 тыс. м<sup>3</sup>. Накопленные объемы утилизации излишков попутных вод в ААС ВК на Западно-Усть-Балыкском месторождении достигли 10715,1 тыс. м<sup>3</sup>, на Мегионском месторождении – 16152 тыс. м<sup>3</sup>, на Тайлаковском месторождении – 4516,7 тыс. м<sup>3</sup>.

На рисунке 1 представлены гистограммы изменения концентраций основных солеобразующих ионов, графики изменения средних значений минерализации и общей жесткости в водах ААС ВК. В целом, в водах ААС ВК исследуемых месторождений сохранилось соотношение основных солеобразующих компонентов. Зафиксированные некоторые единичные колебания значений минерализации и общей жесткости подземных вод на Мегионском месторождении, но в связи с длительным периодом наблюдений за химическим составом вод (56 лет), выявленные «скачки» вероятно связаны с разными лабораторными методиками, которые применялись в тот или иной период.

При сравнении данных по химическому составу пластовых вод ААС ВК до начала добычи вод для заводнения продуктивных горизонтов и введения системы ППД, можно заключить, что значительных отличий не наблюдается.

### *Обсуждение*

Опыт ведения мониторинга подземных вод на месторождениях нефтегазоносных регионов показывает, что метод систематизации и разделения параметров контролируемых объектов на природную и техногенную составляющую, является достаточно адекватным отражением возможных трансформаций химического состава ААС ВК.

С одной стороны, полученные результаты геолого-промысловых процессов освоения ресурсного потенциала Западной Сибири отражают отсутствие значимых признаков изменения гидрогеохимии подземных вод ААС ВК. С другой стороны, такая благополучная оценка экологического состояния подземных вод в районах интенсивной добычи углеводородов может встречать серьезные возражения. Вероятно, современные методы геолого-промыслового мониторинга разработки месторождений углеводородов, недостаточно чувствительны к происходящим изменениям вод ААС ВК. Это может потребовать пересмотра подхода к мониторингу подземных вод при эксплуатации месторождений углеводородов, что обусловлено не столько качеством выполняемых наблюдений, сколько устаревшими требованиями ряда отраслевых стандартов и ведомствен-

ных регламентирующих документов по содержанию и представлению результатов наблюдений за подземными водами.

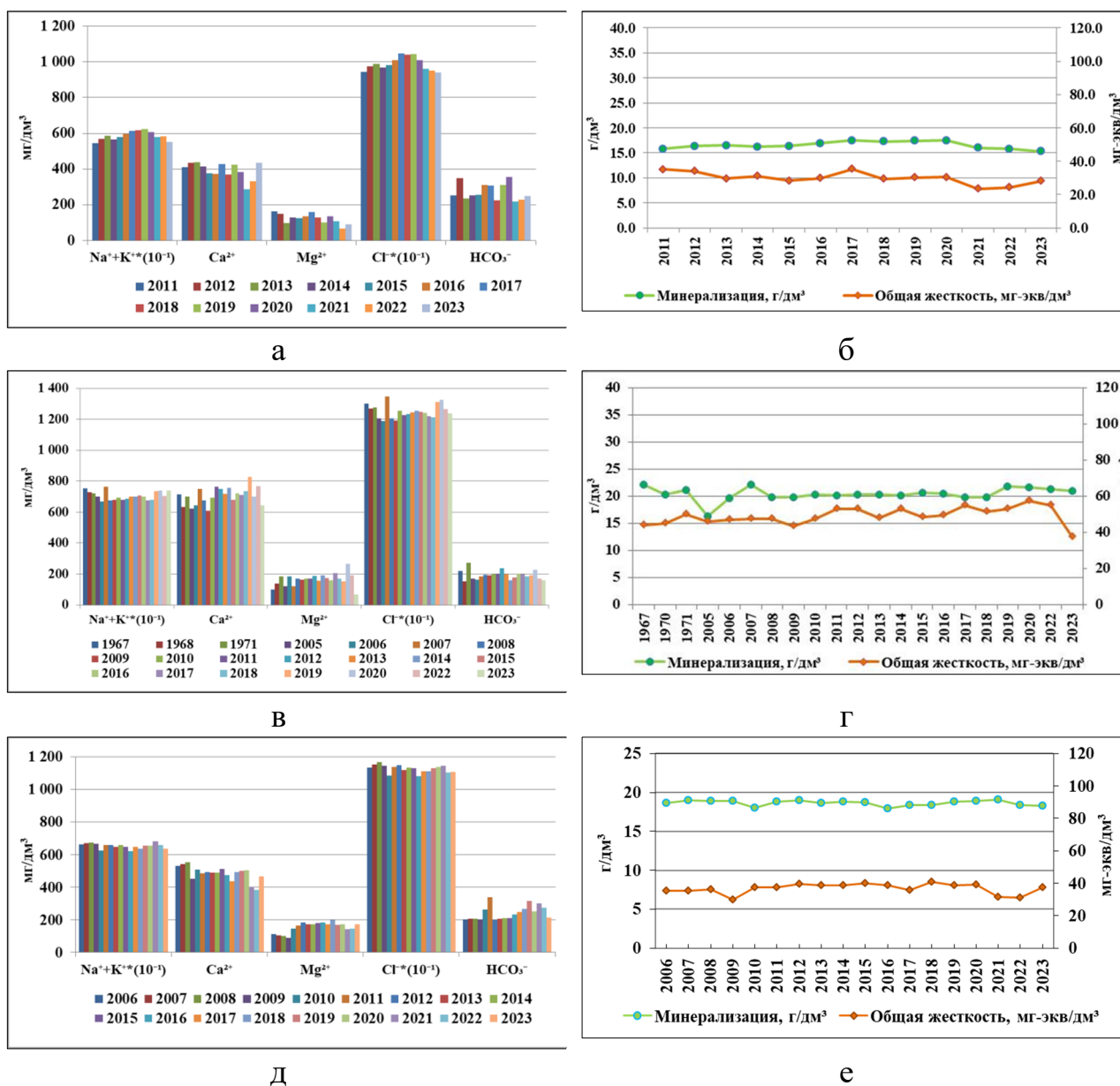


Рис. 1. Гистограммы изменений концентраций показателей химического состава подземных вод ААС ВК (а, б – Западно-Устьт-Балыкское месторождение, в, г – Мегионское мсесторождение, д, е – Тайлаковское месторождение)

По нашему мнению, контролируемые параметры состава закачиваемых и пластовых вод, согласно действующим регламентам, необходимо расширять. Например, возможные изменения в пласте-коллекторе при функционировании системы ППД биоразнообразия микробного состава закачиваемых вод, использования нефтепромысловых реагентов и прочих факторов, также следует подвергать объективной оценке.

## ***Заключение***

Выполненное исследование позволяет сделать вывод, что в настоящее время резерв равновесия в системе «вода-порода» ААС ВК, а также объемы воздействия нивелируются «природной» емкостью комплекса:

1. Систематизация и сбор данных по объемам отбора вод ААС ВК для обеспечения ППД и объемам утилизации излишков попутных вод в этот комплекс по Западно-Усть-Балыкскому, Мегионскому и Тайлаковскому месторождениям свидетельствует о стабильности добычи и размещения объемов воды.

2. Анализ динамики показателей химического состава подземных вод ААС ВК (минерализации, концентрации ионов хлора, кальция, гидрокарбоната ионов и др.) по результатам многолетнего мониторинга показал, сохранение типовой принадлежности и химического состава вод ААС ВК в связи с близким составом закачиваемых флюидов, добытых с нефтью из продуктивных горизонтов.

## ***Благодарности***

Аналитические работы по изучению химического состава пластовых вод выполнены при финансовой поддержке проекта Министерства науки и высшего образования РФ №FWZZ-2022-0015 в рамках НИР СО РАН.

## **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Павлюков, А.И.; Сальникова, Ю.И. Краткая история изучения и масштабы техногенного воздействия на апт-альб-сеноманский водоносный комплекс Западной Сибири. Подземная гидросфера: Материалы XXIII Всероссийского совещания по подземным водам востока России с международным участием, Иркутск, 20–26 июня 2021 года. – Иркутск: Институт земной коры СО РАН 2021, 101-105. DOI 10.52619/978-5-9908560-9-7-2021-23-1-101-105

2. Сальникова, Ю.И. О геохимической стабильности подземных вод апт-альб-сеноманского комплекса в связи с разработкой нефтяных месторождений Западной Сибири. Актуальные проблемы нефти и газа: Тезисы докладов 4-й Всероссийской молодежной научной конференции, Москва, 20–22 октября 2021 года. Москва: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Российской академии наук 2021, 30. DOI: 10.31660/0445-0108-2022-3-38-56.

© А. Г. Плавник, Ю. И. Сальникова, Р. Н. Абдрашитова, 2024