УДК 556.3.04.06.38

ПРОГНОЗ СОСТОЯНИЯ ПРЕСНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО НЕФТЯНОГО ОСВОЕНИЯ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ PROGNOSIS EVALUATION OF FRESH GROUNDWATER IN CONDITIONS OF INTENSIVE PETROLEUM DEVELOPMENT OF WESTERN SIBERIA

М. В. Вашурина, Ю. О. Русакова, А. Л. Храмцова

M. V. Vashurina, Yu. O. Rusakova, A. L. Khramtsova

*Западно-Сибирский филиал института нефтегазовой геологии и геофизики
им. А. А. Трофимука СО РАН, г. Тюмень*

*Западно-Сибирский институт проблем геологии нефти и газа Тюменского индустри-
ального университета, г. Тюмень*

*Ключевые слова: пресные подземные воды; водозабор; месторождение;
понижение уровня; химический состав; загрязнение; техногенное влияние*

*Key words: fresh groundwater; water intake station; field; lower level; chemical composition;
pollution; anthropogenic impact*

Активное освоение недр Западной Сибири, связанное с нефтедобычей, ставит актуальную задачу оценки динамики и прогноза состояния геологической среды, в том числе пресных подземных вод (ППВ). В настоящее время в пределах рассматриваемой территории ППВ широко используются в целях питьевого водоснабжения населения и технологического обеспечения объектов, в том числе для систем поддержания пластового давления (ППД) нефтяных месторождений. Основным продуктивным по целевому назначению является атлым-новомихайловский водоносный горизонт (ВГ). Он приурочен к отложениям олигоценного возраста и на территории Западной Сибири имеет площадное распространение [1].

По результатам многолетних исследований атлым-новомихайловский ВГ характеризуется как достаточно защищенный от загрязнений с поверхности, представляя собой в разрезе межпластовую напорную водоносную толщу глубиной залегания от 90 до 280 м. Эксплуатируемые водоносные пласты не выходят на поверхность земли, непосредственной связи с поверхностными водами не имеют [1]. Тем не менее, оценивая современное гидродинамическое и гидрохимическое состояние ППВ, нельзя исключать влияние на данные воды существующего техногенеза (трансформации окружающей среды), связанного в основном (применительно к рассматриваемой площади) с разработкой нефтяных месторождений и сопутствующими производствами. Так, снижение пластового давления под влиянием отбора нефти, газа и попутно-добываемой воды провоцирует снижение напоров и истощение запасов вод верхних горизонтов, вплоть до грунтовых вод, общее осушение водоемов и местности. Существенным следствием данного депрессионного техногенеза недр в некоторых геологических условиях становятся просадки земной поверхности, создающие опасность наступления (трансгрессии) воды из близлежащих водоемов [2, 3]. Кроме того, возможным является загрязнение ППВ рассматриваемого ВГ, связанное с нарушениями технологии вскрытия недр при бурении скважин различного назначения с применением химических реагентов, а также в результате нарушения технологического процесса при реализации системы ППД, что создает возможность проникновения загрязняющих компонентов непосредственно через скважину [4, 5].

Важно отметить также, что объемы добычи подземных вод в пределах рассматриваемой территории характеризуются постоянным ростом. В данном случае интенсивный отбор непосредственно ППВ из водозаборных скважин не исключает

влияния на окружающую среду и способен привести к изменению гидростатического давления в водоносной толще, увеличению скорости фильтрационного потока сверху, создавая при этом условия для усиления инфильтрации загрязненных вышележащих грунтовых вод; изменению водного режима болот и озер, питающихся подземными водами; и меженного стока рек за счет сокращения в этот период подземной разгрузки [6].

Достаточно стабильные и информативные данные, полученные в результате мониторинга пресных подземных вод атлым-новомихайловского ВГ, осуществляемого с 2005 года на крупнейших месторождениях нефти, таких как Самотлорское, Красноленинское, Приобское (южная часть), позволяют дать оценку состояния ППВ в нарушенных эксплуатацией условиях и достоверно прогнозировать его изменение на ближайшую перспективу.

Для изучения гидродинамического и гидрохимического режима ППВ атлым-новомихайловского ВГ в наблюдательную сеть вовлечены более ста действующих водозаборов по добыче воды для питьевых и технологических целей (в том числе для системы ППД).

Гидродинамический режим. Мониторинговыми наблюдениями предусмотрены контроль положения уровня воды и анализ изменения пьезометрической поверхности с течением времени в пределах изучаемой площади. Данные исследования осуществляются прежде всего для сохранения первоначальных (природных) гидродинамических условий в разрезе отложений, предотвращения истощения ресурсов подземных вод эксплуатируемого ВГ и контроля возможного формирования воронки депрессии в связи с эксплуатацией подземных вод [7].

Для анализа изменения пьезометрической поверхности уровня на исследуемой площади выбраны контрольные точки (водозаборы), равномерно расположенные на территории месторождений, наблюдения за уровнем в которых имеют наиболее системный характер. По результатам замеров пьезометрического уровня в этих точках построены диаграммы его временного изменения (рис. 1).

Рис. 1. Временное изменение пьезометрического уровня подземных вод на водозаборах нефтяных месторождений

Анализируя результаты построений, можно отметить, что положение пьезометрического уровня за период наблюдений не имело отклонений в определенную сторону — колебание его значений (0,5–3,5 м) происходит около средней величины, характерной для местности исследований. Многолетние значения уровня ППВ свидетельствуют об установившемся режиме эксплуатации водозаборов в условиях интенсивного питания с перетеканием из толщи вышележащих отложений и постоянным напором на верхней питающей границе. Полученные фактические данные по изменению уровня в процессе текущей эксплуатации водозаборов хорошо согласуются с результатами исследований, выполненных ранее в пределах рассматриваемой территории [8].

Однако, несмотря на хорошую восполняемость ресурсного потенциала исследуемых вод, постоянное увеличение объема извлекаемой воды при неправильном распределении проектных нагрузок на скважины может привести к изменению уровня и формированию значительных депрессий. Так, по результатам выполненных гидрогеологических исследований на примере Приобского (южная часть) месторождения в 2013 году была составлена карта прогнозных понижений уровня ППВ для фонда 37 водозаборов, состоящих из эксплуатационных существующих и проектных скважин, на срок эксплуатации 25 лет. В 2016 году составлен повторный прогноз изменения уровня при увеличении проектируемого фонда водозаборов на 44 единицы. При сопоставлении полученных построений (рис. 2) прогнозируется существенное увеличение депрессионной воронки в районах кустов с максимальной нагрузкой.

Рис. 2. Прогнозные понижения уровня пресных подземных вод на водозаборах Приобского (южная часть) месторождения нефти (по состоянию на 2038 год)

Исходя из прогнозных расчетов, возникает необходимость перераспределения проектных нагрузок и рассредоточения вновь вводимых в эксплуатацию скважин по площади месторождения.

Гидрохимический режим. Одним из показателей, характеризующих отсутствие влияния техногенеза на состояние ППВ, является сохранение их природного химического состава. Для оценки гидрохимического режима пресных подземных вод в нарушенных эксплуатацией условиях и его прогноза на перспективу привлечены

химические анализы более 2,5 тыс. проб, отобранных в пределах крупных месторождений нефти Западной Сибири за период 2005–2016 гг. В рамках выполненных исследований определены основные показатели, компоненты химического состава вод и их изменения в многолетнем разрезе.

По результатам выполненных исследований подземные воды атлым-новомихайловского ВГ по химическому составу характеризуются как гидрокарбонатные со смешанным катионным составом, пресные с общей минерализацией 0,2–0,7 г/дм³. Основной компонент анионного состава — HCO_3^- (75–100 %-экв.). Составной частью являются также Cl^- (0–25 %-экв.), SO_4^{2+} (0–1 %-экв.) и NO_3^- (0–3 %-экв.). Преобладающими катионами, формирующими основу химического состава, являются Ca^{2+} и Mg^{2+} (11–73 %-экв.). Подчиненное значение в катионном составе принадлежит NH_4^+ (0–23 %-экв.) и сумме Na^+ и K^+ (0–58 %-экв.).

Диаграммы изменения содержания основных компонентов химического состава демонстрируют, что изменение их содержания происходит около средних величин (рис. 3). При анализе данных наблюдений было отмечено, что направленной тенденции к изменению гидрогеохимического облика подземных вод территории не происходит.

Рис. 3. Диаграмма изменения основного катионного состава пресных подземных вод атлым-новомихайловского водоносного горизонта на водозаборах нефтяных месторождений

Качество подземных вод в основном соответствует питьевому назначению, за исключением обусловленных природными особенностями территории [9] повышенных значений содержания железа общего, марганца, кремния и иона аммония, показателей мутности, окисляемости и цветности (рис. 4).

В то же время в отдельные периоды наблюдений отмечены повышенные значения отдельных показателей химического состава (нефтепродуктов, бромидов, хрома, свинца, хлоридов и бора), что обусловлено возможным техногенным загрязнением (рис. 5). Однако данные значения по перечисленным показателям носят несистемный характер, являются разовыми или сохраняющимися в течение непродолжительного времени, не имеют закономерной тенденции к нарастанию и повышению.

Рис. 4. Диаграмма изменения содержания железа, аммония и марганца в пресных подземных водах атлы-новомихайловского водоносного горизонта на водозаборах Самотлорского месторождения

Рис. 5. Картограмма отмеченных случаев превышения ПДК показателей техногенного загрязнения на Самотлорском, Красноленинском и Приобском (южная часть) месторождениях нефти

Таким образом, проведенные в течение последних десяти лет наблюдения за состоянием пресных подземных вод позволяют сделать следующие выводы.

- Анализ многолетних данных по изменению уровня ППВ свидетельствует о том, что дальнейшая эксплуатация водозаборов в текущем режиме не приведет к их истощению. Направленного развития воронки депрессии за наблюдаемый период не отмечено, что, в свою очередь, подтверждает хорошую восполняемость ресурсов данных вод. В то же время выполненные в 2016 году расчеты прогнозного понижения уровня воды выявили прямую закономерность изменения этой величины от увеличения фонда (количества) эксплуатационных скважин для водозаборов, расположенных в пределах Приобского (южная часть) месторождения. По данным прогноза депрессионная воронка в районах кустов проектных водозаборов с максимальной нагрузкой может увеличиться в два раза.

- За период наблюдений химический состав подземных вод эксплуатируемого горизонта в целом не изменился. По площади исследований он характеризуется пространственно-временной стабильностью. Наряду с этим имеющиеся факты единичных несистемных повышенных концентраций таких компонентов, как нефтепродукты, бромиды, хром, свинец, хлориды и бор, вызваны, несомненно, техногенным воздействием объектов нефтедобычи и сопутствующих производств.

- Существующее в настоящий момент в целом достаточно благоприятное качество пресных подземных вод, несмотря на столь длительный период эксплуатации нефтяных месторождений, дает основание для прогноза его сохранения в последующие годы при условии соблюдения установочного и согласованного в контролирующих органах регламента мониторинговых наблюдений за состоянием подземных вод и других компонентов окружающей природной среды; правил эксплуатации скважин различного назначения (водозаборных, нагнетательных, нефтедобывающих) и экологически благоприятного содержания прилегающей к водозаборам территории.

Библиографический список

1. Вашурина М. В., Русакова Ю. О., Храмова А. Л. Качественная оценка защищенности пресных подземных вод от загрязнений при эксплуатации водозаборов в пределах Среднеобской нефтегазоносной области Западной Сибири // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – 2014. – № 10. – С. 5–11.
2. Васильев Ю. В., Мартынов О. С., Радченко А. В. Геодинамические аспекты экологической безопасности Самотлорского месторождения // Охрана окружающей среды на объектах нефтегазового комплекса: материалы науч.-техн. конф. – М., 2007. – С. 88–92.
3. Фи Т. Х., Строкова Л. А. Оценка и прогноз оседания земной поверхности в результате извлечения подземных вод в городе Ханой (Вьетнам) // Геоэкология. – 2014. – № 2. – С. 169–178.
4. Зекцер И. С. Подземные воды как компонент окружающей среды. – М.: Научный мир, 2001. – С. 279–280.
5. Федоров Л. В. Анализ нарушений герметичности эксплуатационных колонн в скважинах // Интенсификация геологоразведочных работ и добычи нефти в Западной Сибири. Труды ЗапСибНИГНИ. – Тюмень, 1984. – С. 28–30.
6. Гольдберг В. М., Газда С. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения. – М., 1984. – 262 с.
7. Курчиков А. Р., Вашурина М. В. Аспекты экологической безопасности при эксплуатации водозаборов пресных подземных вод на месторождениях нефти Западной Сибири // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2016. – № 1. – С. 21–27.
8. Тагильцев В. С., Тагильцев С. Н. Анализ данных эксплуатации водозаборов в нефтегазодобывающих регионах Западной Сибири // Материалы Всероссийского совещания по подземным водам Востока России (XIX Совещание по подземным водам Сибири и Дальнего Востока). – Тюмень, 2009. – С. 293–297.
9. Крайнов С. Р., Швец В. М. Геохимия подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. – М.: Недра, 1987. – 237 с.

Сведения об авторах

Вашурина Маргарита Владимировна, к. г.-м. н., старший научный сотрудник, Западно-Сибирский филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А. А. Трофимука СО РАН, г. Тюмень, тел. 8(3452)688794, e-mail: mvashurina@tmnsc.ru

Русакова Юлия Олеговна, ведущий инженер, Западно-Сибирский институт проблем геологии нефти и газа Тюменского индустриального университета, г. Тюмень, тел. 89224742614, e-mail: julrusakova@rambler.ru

Храмова Анна Леонидовна, инженер 2 категории, Западно-Сибирский институт проблем геологии нефти и газа Тюменского индустриального университета, г. Тюмень, тел. 89199204835, e-mail: khramtsova@tmnsc.ru

Information about the authors

Vashurina M. V., Candidate of Geology and Mineralogy, Senior Researcher, West Siberian Division of Trofimuk Institute of Petroleum-Gas Geology and Geophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Tyumen, phone: 8(3452)688794, e-mail: mvashurina@tmnsc.ru

Rusakova Yu. O., Leading Engineer, the West Siberian Institute of Oil and Gas Geology of Industrial University of Tyumen, phone: 89224742614, e-mail: julrusakova@rambler.ru

Khramtsova A. L., Engineer of the 2nd Category, the West Siberian Institute of Oil and Gas Geology of Industrial University of Tyumen, phone: 89199204835, e-mail: khramtsova@tmnsc.ru