

промышленных предприятий. На геофильтрационной модели решена серия обратных задач, в которых менялись значения инфильтрационного питания на городской территории, потенциально подверженной техногенным проливам воды. Инфильтрационное питание в части города было увеличено до 400 мм/год (рис. 4). Результаты решения задач показали, что при таком увеличении модельные уровни близки к фактическим (рис. 3, графики «д», «е»).

По результатам вариантного моделирования рассчитан баланс модели. Увеличение приходной составляющей в балансе за счет повышения инфильтрации в черте города (балансовая зона 4 на рис. 4) достигает 20 тыс. м³/сут при заданной инфильтрации 400 мм/год.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боровский, Б.В. Оценка запасов подземных вод / Б.В. Боровский, Н.И. Дробноход, Л.С. Язвин. — Киев: Изд-во «Выща школа», 1989. — 407 с.
2. Каменский, Г.Н. Основы динамики подземных вод / Г.Н. Каменский. — М.: Госгеоиздат, 1943.
3. Каменский, Г.Н. Поиски и разведка подземных вод / Г.Н. Каменский. — М.: Госгеоиздат, 1947. — 313 с.

© Зубанова Т.Н., Устинова Г.В., 2020

Зубанова Татьяна Николаевна // saratov@hydec.ru
Устинова Галина Вячеславовна // saratov@hydec.ru

УДК 550.8, 556.314, 556.388

Гараева Т.В., Вавичкин А.Ю. (ЗАО «ГИДЭК»)

АНАЛИЗ ПРИЧИН НЕСООТВЕТСТВИЯ ПРОГНОЗА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД И ДАННЫХ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА РАЗВЕДАННОМ УЧАСТКЕ В ПАЛЕОДОЛИНЕ Р. СВЯГА РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН

*Рассмотрены причины не подтверждения разведочно-прогноза изменения качества подземных вод данными эксплуатации. Особое внимание уделено методике выявления и анализу причин повышения показателей общей жесткости и железа в подземных водах в условиях изменившейся водохозяйственной обстановки и санитарных условий. **Ключевые слова:** питьевые подземные воды, поисково-разведочные работы, зона санитарной охраны, показатели качества воды, загрязнение подземных вод.*

Garaeva T.V., Vavichkin A.Yu. (HYDEC)

ANALYSIS OF THE REASONS FOR THE DISCREPANCY BETWEEN THE FORECAST OF THE QUALITY OF DRINKING GROUNDWATER AND THE EXPLOITATION DATA ON THE EXPLORED SITE IN THE PALEO-VALLEY OF THE SVIYAGA RIVER OF THE REPUBLIC OF TATARSTAN

The reasons for not confirming the exploratory forecast for changes in groundwater quality with operation data are considered. Particular attention is paid to the methodology for

*identifying and analyzing the reasons for the increase in the indicators of general hardness and iron in groundwater in the conditions of changing water management and sanitary conditions. **Keywords:** drinking underground water, prospecting and exploration, sanitary protection zone, water quality indicators, underground water pollution.*

В период с 2010 по 2012 г. в палеодолине р. Свяга выполнены поисково-разведочные работы, направленные на обоснование источника хозяйственно-питьевого водоснабжения предприятия по производству этилового спирта из пищевого сырья (спиртозавода). Предъявленные Заказчиком требования к качеству воды, используемой в технологическом процессе изготовления спирта более жесткие, чем требования СанПиН 2.1.4.1074-01 «Вода питьевая...», пределы содержания отдельных компонентов, характеризующих качество подземных вод следующие: общая жесткость — до 7 °Ж; Fe — до 0,3 мг/л; Mg < 20–50 мг/л; фтор ≤ 0,7–1,5 мг/л; Ca < 30–140 мг/л; M_{общ.} — до 0,3 г/л.

По результатам наземных геофизических исследований (методом ЗСБ) в пределах развития песчаных отложений плиоцен-четвертичного водоносного комплекса выбран перспективный участок, расположенный в 3,8 км северо-западнее спиртозавода (рис. 1, 2) [1–3].

На участке последовательно выполнены бурение, каротаж, фильтрационное и гидрогеохимическое опробование двух поисковых, четырех разведочно-эксплуатационных скважин (глубиной 46 м), формирующих схему водозабора с производительностью 3,4 тыс. м³/сут и четырех наблюдательных скважин для проведения кустовой откачки.

Для бурения и освоения разведочно-эксплуатационных скважин (№№ 1–4) применены новейшие технологии сооружения высокодебитных скважин (рабочая часть — фильтры проволочные каркасно-стержневые, мод. «STUEVA», Германия), апробированные на современных российских и зарубежных водозаборах. По результатам опытно-фильтрационных работ получены высокие дебиты 907–1440 м³/сут, что подтвердило обоснованность принятых решений. По результатам кустовой откачки из возмущающей скв. № 1 с производительностью 16,67 л/с (1440 м³/сут) уточнены фильтрационные параметры продуктивного пласта, схема водозабора и определены условия промышленного каптажа подземных вод.

Качество подземных вод, локализованных в продуктивном пласте, в основном соответствует питьевым условиям и установленным Заказчиком работ требованиям, за исключением содержания железа — до 3,38 мг/л (ПДК-0,3 мг/л), марганца — до 0,44 мг/л (ПДК-0,1 мг/л). Перед использованием воды в хозяйственно-питьевых целях необходима водоподготовка — обезжелезивание и деманганация.

Схема расчетного водозабора представляла собой линейно вытянутый, вкрест тальвега палеодолины р. Свяга ряд, состоящий из 4-х скважин, в том числе 3-х рабочих и 1 резервной с производительностью 1130 тыс. м³/сут каждая (суммарно 3,4 тыс. м³/сут).

На всех стадиях поисково-разведочных работ проводилось изучение санитарной обстановки в области формирования запасов подземных вод плиоцен-четвертичного водоносного комплекса [1, 2]. На предпроектной стадии выполнено рекогносцировочное обследование и определение границ нормативных санитарно-защитных зон предприятий в соответствии с требованиями СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Участок оценочных работ выбран за пределами СЗЗ основных потенциальных источников загрязнения — полей фильтрации сахарного завода и скотомогильников. В направлении от участка водозабора в сторону полей фильтрации пробурены наблюдательные скважины, с целью отслеживания развития депрессионной воронки во время длительных опытно-фильтрационных работ (кустовой откачки), проведены миграционные опыты с целью уточнения коэффициента пористости песчаной толщи.

Результаты комплексного обследования потенциальных источников загрязнения и детального гидрогеологического обследования полей фильтрации производственных сточных вод сахарного завода по-

служили исходными данными для разработки миграционной модели месторождения и решения на ней миграционных задач с целью выполнения прогноза сохранения качества подземных вод на 25-летний срок эксплуатации водозабора.

Численные миграционные расчеты выполнялись с целью оценок прогнозных значений жесткости воды при проектном водоотборе 3400 м³/сут. Для выполнения расчетов использовалась программа миграционных расчетов MT3DMS, входящая в программный комплекс решения гидрогеологических задач Visual Modflow версии 3.1, использующая в качестве основы прогнозное гидродинамическое решение (баланс и скорости потоков между блоками) численной геофильтрационной модели Modflow. Задача решалась в консервативной постановке (без учета гидрохимического взаимодействия подземных вод с водовмещающими породами). В качестве расчетного алгоритма использовалась конечно-разностная схема Upstream Finite Difference.

В качестве начальных условий, на основе построенных карт распределения изолиний жесткости

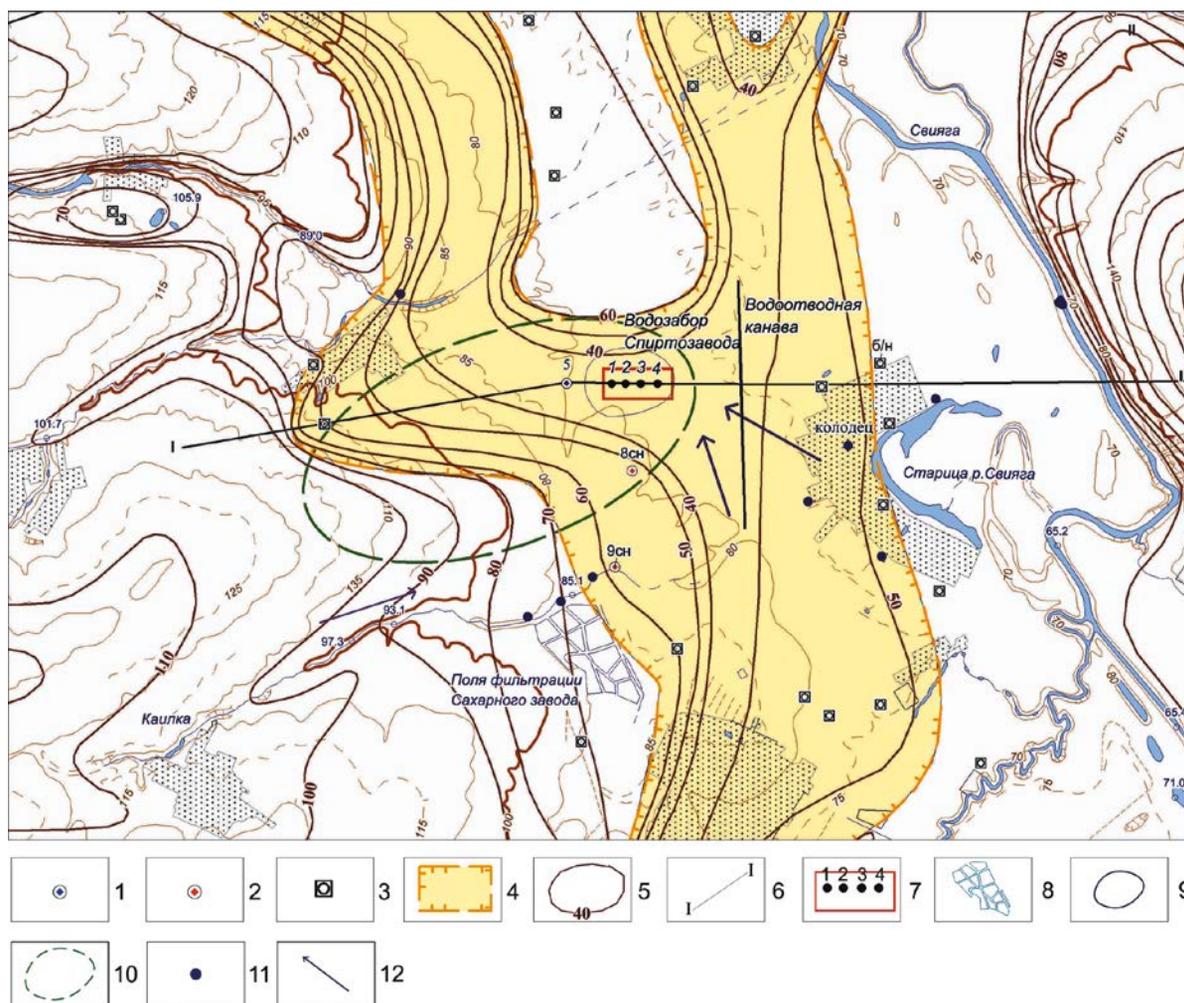


Рис. 1. Схема размещения объектов на карте рельефа эрозионной поверхности донеоген-четвертичных отложений: 1 — поисковая скважина; 2 — наблюдательная скважина; 3 — водозаборная скважина; 4 — область распространения неогеновых отложений; 5 — изолинии эрозионной поверхности донеогеновых отложений; 6 — линия геолого-гидрогеологического разреза; 7 — площадка водозабора спиртозавода; 8 — поля фильтрации сахарного завода; 9 — граница 2-го пояса ЗСО водозабора спиртозавода; 10 — граница 3-го пояса ЗСО водозабора спиртозавода; 11 — точка отбора проб воды; 12 — направление потока подземных вод

подземных вод, по слоям модели были построены карты-схемы осредненных характеристик начальной жесткости. Начальное значение жесткости в блоке водозабора на модели составило 6 °Ж, на участках полей фильтрации — 10 °Ж. Результаты выполненных расчетов показали, что наиболее значительное увеличение жесткости воды (на 1 °Ж) при прогнозном водоотборе 3400 м³/сут происходит в первые 3 года расчетного срока эксплуатации, далее кривая выполаживается, и к концу расчетного срока (10000 сут) суммарное расчетное увеличение жесткости составляет 1,79 °Ж от текущих значений по скважинам. Прогнозные показатели общей жесткости на участке водозабора по расчетным данным составили 8–9 °Ж.

Балансовые запасы плиоцен-четвертичного аллювиального водоносного комплекса месторождения в количестве 3,4 тыс. м³/сут по кат. В утверждены Протоколом ТКЗ №195/2012 от 25.06.2012 г. на 25-летний срок эксплуатации.

Водозабор построен и эксплуатируется с 2012 г. По состоянию на декабрь 2019 г. в работе находятся четыре скважины (№№ 1, 2, 3, 4). Увеличение показателя общей жесткости и железа зафиксировано недропользователем с 2016 г. (через пять лет от начала эксплуатации водозабора) последовательно в скв. №№ 4, 3, 2 (в условиях сокращения эксплуатационных нагрузок на скважины с отмеченным превышением). Выполненный в составе поисково-разведочных работ про-

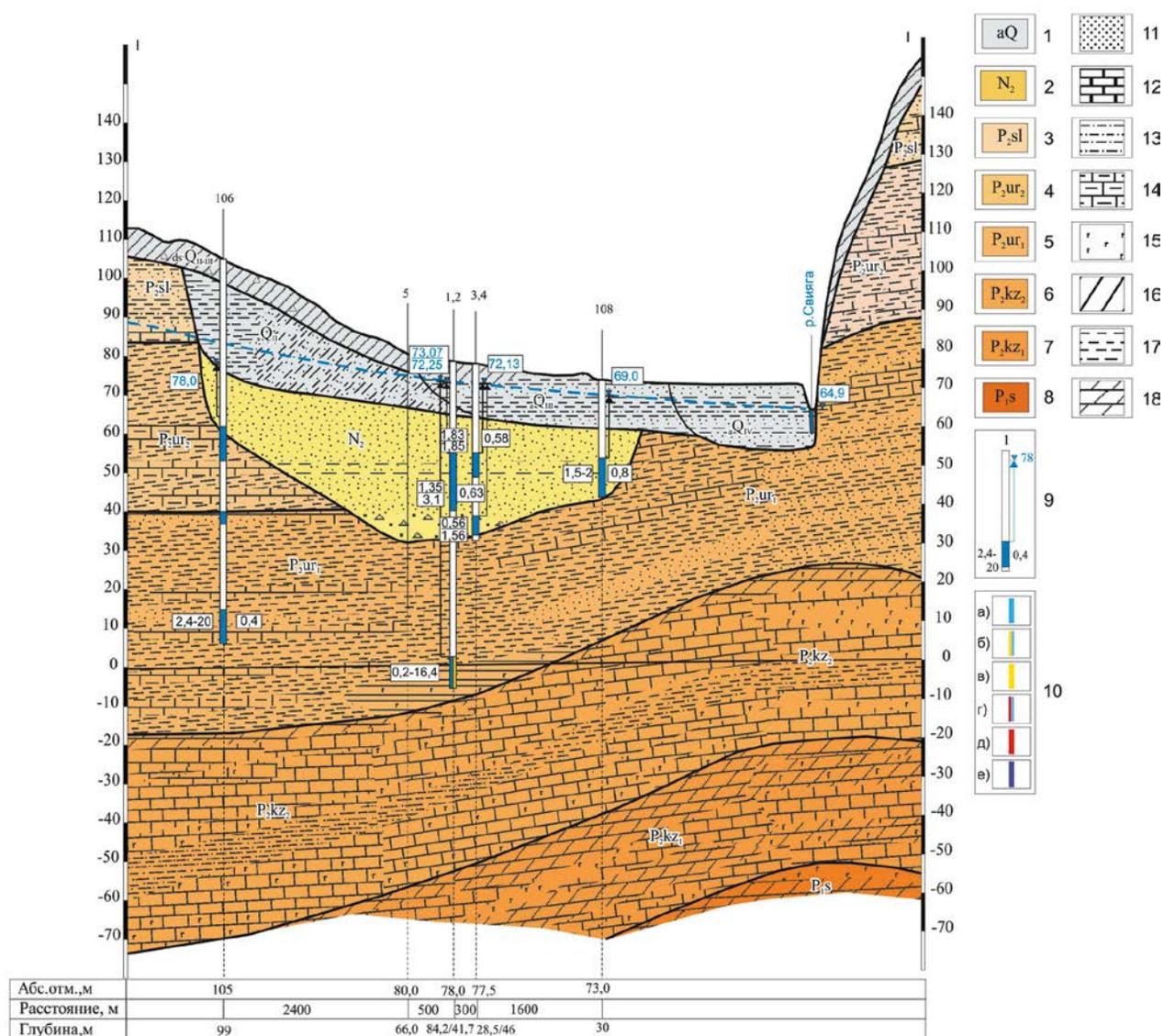


Рис. 2. Гидрогеологический разрез по линии I-I: 1 — водоносный четвертичный аллювиальный комплекс; 2 — водоносный локально-слабоводоносный плиоценовый комплекс; 3 — водоносный слободской терригенно-карбонатный комплекс; 4 — водоносный верхнеуржумский терригенно-карбонатный комплекс; 5 — водоносный нижеуржумский терригенно-карбонатный комплекс; 6 — водоносный верхнеказанский терригенно-карбонатный комплекс; 7 — водоносный нижеказанский терригенно-карбонатный комплекс; 8 — водоносный сакмарский сульфатно-карбонатный комплекс; 9 — скважина гидрогеологическая, цифры: вверху — номер скважины, над стрелкой — абсолютная отметка статического уровня на период поисково-разведочных работ (м), слева от скважины дебит (л/с) и понижение (м), справа — минерализация (г/л); 10 — химический состав воды в водопунктах: а — гидрокарбонатный, б — сульфатно-гидрокарбонатный, в — сульфатный, г — хлоридно-гидрокарбонатный, д — хлоридный, е — смешанный (трехкомпонентный); 11 — пески; 12 — известняки; 13 — алевролиты; 14 — мергели; 15 — гипс; 16 — суглинки; 17 — глины; 18 — доломиты

Таблица 1

Динамика роста величины продукции и отходов сахарного производства за 1960, 2010, 2019 гг.

Год	Сырье, тыс. т/год	Продукция (сахар), тыс. т/год	Расход воды, тыс. т/год	Стоки, тыс. т/год	Дефекат (фильтрационный осадок), тыс. т/год
1960	133,8	9,9	207,9	93,555	10,035
2010	254,029	36,015	756,15	320,245	19,052
2019	667,0	118,606	2263	893,8	50,025

гноз качества питьевых подземных вод не подтвердился данными эксплуатации в части прогноза роста величины общей жесткости (до 12,75 °Ж по скв. № 4, до 9,85 °Ж по скв. № 3) в отличие от прогнозных величин — до 9 °Ж.

С целью выявления причин увеличения показателей общей жесткости и общего железа в воде, добываемой на водозаборе спиртозавода, выполнены:

— сбор материалов, характеризующих опыт эксплуатации скважин водозабора;

— гидрогеологическое и санитарное обследование территории поясов ЗСО водозабора, в том числе полей фильтрации сахарного завода;

— геофизические исследования в скв. №№ 3, 4 водозабора на разных режимах водоотбора (гамма-каротаж, резистивиметрия, расходомерия);

— отбор проб воды и оперативный анализ показателей общей жесткости и общего железа;

— химический анализ водных проб в аккредитованных лабораториях.

Сбор материалов, характеризующих опыт эксплуатации скважин водозабора

По результатам сбора и анализа материалов мониторинга выявлено следующее:

1). Режим работы насосов резко неравномерный, пиковые нагрузки по скв. № 1 составили 60–69 м³/час (5 пиков), по скв. № 2 — 60–67 м³/час (6 пиков), по скв. № 3 — 67 м³/час (1 пик), по скв. № 4 — 40–54 м³/час (3 пика). Рекомендованная проектная производительность скважин 47 м³/час при неравномерном суточном водоотборе не выдерживается.

2). Одновременно работают три скважины в разных вариациях (№№ 1-2-3, №№ 1-2-4, №№ 1-3-4, №№ 2-3-4), отключение скважин каскадное (скв. №№ 4-3-2-1), за сутки 2,5 цикла.

Таблица 2

Сравнительный анализ содержания показателей качества подземных вод по данным опробования 2011 г. и 2019 г.

Номер скважины	1		2		3		4	
	2011 г. max	2019 г.	2011 г. max	2019 г.	2011 г. max	2019 г.	2011 г. max	2019 г.
Минерализация, мг/л	672	700	770	720	695	980	714	1230
Общая жесткость, °Ж	7,5	5,1	7,17	7,0	6,8	8,7	7,17	10,5
Железо общее, мг/л	3,9	1,01	1,89	2,1	2,54	2,84	1,28	2,93
Хлориды, мг/л	7	19,5	20	35,5	10	51,5	7	67,45
Гидрокарбонаты, мг/л	500	402,6	470	420,9	464	506,3	488	719,8

3). Режим работы скважин зависит от давления в водопроводной сети, пиковые нагрузки на скважину обеспечивают восстановление нормального давления в водопроводе.

4). Общая тенденция к последовательному повышению показателей общей жесткости и общего железа в последовательности скв. № 4-№ 3-№ 2 за время эксплуатации водозабора с 2016 по 2019 г. подтверждается.

Гидрогеологическое и санитарное обследование области формирования запасов подземных вод (в том числе полей фильтрации сахарного завода)

Результаты обследования показали существенное изменение водохозяйственной обстановки и санитарных условий по сравнению с периодом проведения поисково-разведочных работ (2010–2011 гг.):

1. Наиболее крупными и значимыми объектами загрязнения подземных вод являются поля фильтрации сахарного завода, расположенные в 2-х км юго-юго-западнее водозабора. Накопление жидких и твердых отходов ведется с 1960 г. По сравнению с 2010 г. производительность сахарного завода в части объемов переработанной продукции и производства сахара выросла более чем в 2,5 раза, соответственно увеличилось сбросы жидких отходов на поля фильтрации (табл. 1).

Фактическая площадь полей фильтрации сахарного завода составляет 45 га, при нормативной нагрузке 50 м³/га в сутки должна составлять более 90 га. Анализ результатов расчетов и данных, представленных в табл. 2, свидетельствует о двойной нагрузке на поля фильтрации, что приводит к переливу стоков и их распространению за пределы контуров полей.

2. Ручей Каилка дренирует участок полей фильтрации и отводит стоки сахарного завода к р. Свияга. По результатам обследования русло ручья извилистое, местами заболоченное, шириной до 2-х метров, долина U-образная. Выше полей фильтрации речные воды прозрачные, зеленого цвета. Ниже по потоку (в пределах участка полей фильтрации) вода изменяет цвет на серо-зеленый до черного, приобретает неприятный запах разложения органики. Долина ручья заилена (ил серого, до черного цвета), отмечаются «языки» размытых склонов.

Из источников массовой информации (МК, 2013 г.) получены сведения о сбросе в руч. Каилка белой пени-

стой жидкости (возможно известковое молоко) через трубу, проложенную под полями фильтрации. Природоохранной прокуратурой РТ факт сброса стоков признан локальной экологической катастрофой, загрязнению подверглась не только долина руч. Каилка, но и территория деревни, расположенной в низовьях ручья (включая озеро-старицу р. Свияга). Появление жидких стоков белого цвета отмечено населением в озере, находящемся в центре деревни и р. Свияга (в ~4-х км от участка сброса сточных вод).

3. По результатам обследования не обнаружена на местности канава, которая отводила разливы (сезонные и сбросовые) поверхностных вод от руч. Каилка за пределы третьего пояса зоны санитарной охраны водозабора спиртозавода. По опросным данным канава запахана землепользователем. Также по опросным данным на поля сельскохозяйственных угодий, расположенных в 3-м поясе ЗСО, землепользователем вывозился фекал сахарного завода. Фекал, с содержанием кальция 70–80 % использовался для повышения урожайности земель, улучшения их структуры в качестве комплексного удобрения.

4. Население деревни для собственных нужд отбирает воду из колодцев, каптирующих подземные воды первого от поверхности четвертичного горизонта (питающего плиоценовый комплекс на участке водозабора спиртозавода). Скважины, используемые в 2010–2012 гг. для хозяйственно-питьевого водоснабжения не эксплуатируются и подлежат ликвидации. В 2015 г. в 600 м от ранее действующей скважины пробурена и эксплуатируется водозаборная скважина б/н.

Выводы, сделанные по результатам обследования, заключаются в следующем:

— водохозяйственная обстановка и санитарные условия зоны санитарной охраны и области формирования запасов подземных вод существенно изменились;

— очаг загрязнения, сформированный отходами производства сахарного завода ввиду несанкционированных сбросов стоков и увеличения нагрузки на поля фильтрации, из потенциально опасного перешел в активно действующий и изменил границы в сторону увеличения;

— водоотбор из скважины, пробуренной для водоснабжения деревни, изменил структуру потока подземных вод, сформировавшуюся в процессе эксплуатации водозабора спиртозавода.

Геофизические исследования в скважинах №№ 3, 4 водозабора

Геофизические исследования в скважинах №№ 3, 4 показали сохранение целостности и высокой пропускной способности рабочей части фильтровых колонн, интенсивность водопритока равномерно распределена по всей рабочей части фильтров. При нагрузках на скважину 60 м³/час (скв. № 4) и 70 м³/час (скв. № 3) отмечается слабый подток минерализованных вод с забоя скважин.

Отбор проб природных и сточных вод, лабораторные исследования

Отбор водных проб сопровождал все виды исследований: обследование санитарного состояния и водохозяйственной обстановки в области формирования

запасов подземных вод месторождения, обследование скважин водозабора спиртозавода. Нестабильные во времени компоненты химического состава подземных вод определялись оперативно полевой лабораторией Merck по сокращенному перечню показателей: pH, Cl⁻, SO₄⁻², HCO₃⁻, NO₂⁻, NO₃⁻, NH₄⁺, Na⁺+K⁺, Ca⁺², Mg⁺², Mn, Fe, запах, цветность, мутность, сухой остаток, жесткость общая. Контрольные анализы водных проб выполнялись в аккредитованных лабораториях Москвы и Казани.

Результаты показали следующее:

— рост концентраций общей жесткости, хлоридов, гидрокарбонатов и общего железа (относительно опробования 2011 г.) отмечается в пробах воды из скв. №№ 3, 4, в пробах воды из скв. №№ 1, 2 отмечается только рост хлоридов;

— содержание в воде сульфатов (показателя перетоков подземных вод из нижезалегającego уржумского водоносного комплекса) осталось без изменений (16–27 мг/л);

— по химическому составу вода в руч. Каилка гидрокарбонатная, магниевое-кальциевая, натриево-кальциевая с минерализацией 910–1030 г/л, общей жесткостью 7,8–8,4 °Ж, хлоридов 46,2–67,5 мг/л, гидрокарбонатов до 500 мг/л;

— в озере, расположенном в центре деревни, выявлено превышение ПДК по жесткости (до 8,2 °Ж), хлоридам до 138,5 мг/л (относительно фоновых концентраций — 20 мг/л);

— вода четвертичного водоносного горизонта в колодце деревни гидрокарбонатная, натриево-кальциевая с минерализацией 1230 мг/л, с общей жесткостью 9,6 °Ж, содержанием гидрокарбонатов 580 мг/л;

— стоки сахарного завода из сброса (труба) в р. Свияга характеризуются хлоридно-гидрокарбонатным смешанным по катионам (с преобладанием натрия) составом с общей жесткостью до 9,5 °Ж, минерализацией до 2060 мг/л, хлоридов до 219 мг/л, гидрокарбонатов до 744 мг/л;

— вода из вновь пробуренной (для водоснабжения деревни) скважины гидрокарбонатная магниевое-кальциевая, с общей жесткостью 11,4 °Ж, с минерализацией 1270 мг/л, содержанием общего железа 22,1 мг/л.

Выводы заключаются в следующем: во всех пробах отмечаются превышения показателей общей жесткости и минерализации (относительно ПДК установленных СанПиН 2.1.4.1074-01), хлоридов, гидрокарбонатов и железа общего (относительно фоновых концентраций, характерных для подземных вод плиоцен-четвертичного комплекса в ненарушенных техногенезом условиях).

Возможные причины повышения общей жесткости

Рост показателя общей жесткости в подземных водах, добываемых на водозаборе, обусловлен изменением санитарной обстановки в области формирования запасов подземных вод и на территории зоны санитарной охраны водозабора.

Основной источник попадания в подземные воды кальция, магния и хлоридов — это фекал. Фекал —

продукт дефекации, которая заключается в обработке свекольного сока известью. Общее количество активной извести, используемой на очистку диффузионного сока, составляет 2,2–2,5 % CaO. Ее получают непосредственно на заводе обжигом известнякового камня, содержащего не менее 93 % карбоната кальция и не более 2,5 % карбоната магния.

После дефекации диффузионный сок подвергается сатурации с целью удаления из свекольного сока растворенной и связанной извести. Сатурацию проводят, вводя в сок очищенный сатурационный газ, состоящий в основном из диоксида углерода. При разбрызгивании сока в сатураторе пропускаемый сатурационный газ, соединяясь с водой, образует угольную кислоту H_2CO_3 , вступающую в реакцию с гидроксидом кальция $Ca(OH)_2$, в результате получается выпадающий в осадок карбонат кальция $CaCO_3$. Побочным продуктом сатурации является фильтрованный осадок (дефекационная грязь), состоящий на 75–80 % из карбоната кальция и на 20–25 % из органических и минеральных несугаров.

Анализ данных, представленных в табл. 3, показал, что за весь срок работы сахарного завода на полях фильтрации и близлежащих землях сельскохозяйственного назначения размещено более 500 тыс. т извести (углекислого кальция) в составе дефеката, при этом 25 % (более 120 тыс. т) за период с 2016 по 2020 г.

Попадание извести в подземные воды приводит не только к появлению и выпадению карбоната кальция, но и появлению дополнительных количеств гидрокарбоната кальция. Этот процесс, вероятно, является причиной наблюдаемого увеличения общей жесткости и концентрации гидрокарбонатов и, как следствие, увеличение минерализации.

Исходя из производительности завода, по нормативам, площадь полей фильтрации должна составлять 90 га, фактически площадь составляет около 45 га. За счет растекания стоков и отходов производства, складированного на полях фильтрации, границы очага загрязнения увеличились. Увеличению площади загрязнения «поспособствовала» также запашка водоотводной канавы, которая ранее транспортировала талые и паводковые загрязненные поверхностные воды за пределы третьего пояса ЗСО водозабора.

Возможные причины повышения общего железа

По результатам анализа всей полученной информации нами определены две возможные причины увеличения показателя общего железа в подземных водах, добываемых на водозаборе спиртозавода.

1). Неравномерный внутрисуточный водоотбор.

Для природных условий распространения железа в подземных водах характерны горизонтальная и вертикальная зональности и пространственно-временная неоднородность, связанная с условиями водоотбора или изменением климатических условий в течение

года. По показателю железа отмечается постоянный рост концентраций по всем скважинам (с различной интенсивностью) без реакции на смену сезонов года. Вертикальная зональность распределения железа проявляется в более высоких его концентрациях в верхнем (условно четвертичном) горизонте при отсутствии выраженного водоупорного разделяющего слоя. Источник поступления в подземные воды общего железа связан, вероятно, с неравномерным импульсным водоотбором из скважин (от 0 до 70 м³/час), что приводит к резким колебаниям уровня и, следовательно, к изменению окислительно-восстановительной обстановки в верхнем пласте (в четвертичных отложениях).

2). Отходы производства БСЗ, обогащенные органическим веществом.

Поступление обогащенного органическим веществом дефеката с полей фильтрации и сельхозугодий в подземные воды в результате процесса биодеструкции приводит к появлению углекислого газа и снижению величины pH, что увеличивает миграционную способность железа и, в меньшей степени, марганца. Наличие этих процессов подтверждается наблюдениями за изменением химического состава воды в скважинах водозабора, а именно ростом содержания общего железа при стабильном содержании марганца. Дополнительно само органическое вещество является фактором увеличения миграционной способности железа за счет образования железоорганических комплексов.

Причины последовательного изменения показателей общей жесткости и общего железа от скв. № 4 к скв. № 1

Движение фронта потока воды с повышенным содержанием кальция и магния (формируют значение общей жесткости) происходит на площади развития депрессионной воронки, в направлении от р. Свияга и с южного направления от р. Каилка.

Направление потока подземных вод в процессе эксплуатации водозабора формируется по наиболее проницаемым зонам, сложенным песками. Наиболее пере-

Таблица 3
Сравнительный анализ количества сырья, известняка и отходов сахарного производства*

Год	Сырье (свекла), тыс. т	Известняк, тыс. т	Дефекат (фильтрационный осадок), тыс. т	Известь (углекислый кальций) в составе дефеката, тыс. т
1960	133,8	11,373	10,035	7,446
2010	254,029	21,592	19,052	14,137
2016	581,109	49,394	43,583	32,339
2017	556,1	47,269	41,708	30,947
2018	495,0	42,075	37,125	27,547
2019	667,0	56,695	50,025	37,119

* Цифровые показатели (столбцы 3, 4, 5) получены расчетным путем с использованием ведомственных норм и статистических данных (см. список использованных источников), количество сырья, перерабатываемого сахарным заводом по годам (столбец 2) принято по сведениям, размещенным в средствах массовой информации.

углубленная и песчаная часть разреза палеодолины примыкает к участку водозабора с восточного фланга, что явилось следствием первоначального появления приоритетных показателей качества (кальция и магния — формирующих общую жесткость, гидрокарбонатов, хлоридов, общего железа) в воде, добываемой из скв. № 4, и далее при уменьшении на нее эксплуатационной нагрузки последовательно в скв. № 3 и скв. № 2.

На изменение структуры потока подземных вод, сформировавшейся в процессе эксплуатации водозабора, возможно оказала влияние пробуренная в 2015 г. между р. Свяга и водозабором, водозаборная скважина (б/н) для водоснабжения деревни.

Приток воды из нижнего горизонта, по результатам геофизических исследований в скважинах, признан незначительным и не проявляется в общем химическом составе воды, в противном случае превышение компонентов качества произошло во всех скважинах одновременно.

Рекомендации по устранению причин повышения содержания общей жесткости и общего железа

1. Снижение техногенной нагрузки на территорию области формирования запасов подземных вод путем реабилитации, загрязненных отходами сахарного завода, почв, поверхностных и подземных вод.

2. Снижение нагрузки на имеющиеся установки обезжелезивания путем предварительной аэрации поступающих на завод подземных вод с последующим отстаиванием в резервуарах и фильтрацией на песчаных фильтрах.

3. Обеспечение равномерного внутрисуточного водоотбора из водозаборных скважин с нагрузкой, рекомендованной при оценке запасов — ориентировочно 47 м³/час.

4. Восстановление скважин наблюдательной сети мониторинга, ведение мониторинга за состоянием подземных вод выше- и нижезалегающих водоносных горизонтов и комплексов.

5. Эксплуатация скв. № 4 с производительностью 1000 м³/сут с целью создания барража для перехвата некондиционных вод, сброс добытой воды в нижележащие водоносные комплексы или поверхностные водотоки (р. Свяга).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Гараева, Т.В.* Поисково-разведочные работы для водоснабжения спиртового завода / Т.В. Гараева. — Казань, 2012.
2. *Поляков, С.И.* Оценка ресурсного потенциала пресных подземных вод Волго-Сурского и Камско-Вятского артезианских бассейнов в пределах Республики Татарстан и его локализация для обеспечения населения республики защищенными источниками водоснабжения. Оценка условий локализации ресурсов подземных вод на территории Предволжья. Гос. контракт 1-К-32 / С.И. Поляков. — Казань: Росгеолфонд, 2004.
3. *Солнцев, А.В.* Проведение эколого-гидрогеологической съемки масштаба 1:200000 листов N-38-VI, XII, XVIII, N-39-VII, VIII Предволжья, XIII. Апастовский, Буинский, Верхнеуслонский, Дрожжановский, Кайбицкий, Камско-Устьинский, Тетюшский районы / А.В. Солнцев. — РТ, ТГРУ. — Казань, 2002.

© Гараева Т.В., Вавичкин А.Ю., 2020

Гараева Татьяна Викторовна // kazan@hydec.ru
Вавичкин Александр Юрьевич // av@hydec.ru

Олиферова О.А., **Козак С.З.** (ЗАО «ГИДЭК»)

ОБОСНОВАНИЕ СХЕМЫ ВОДОЗАБОРА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ПРИМОРСКОЙ ТЭС В КАЛИНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ В УСЛОВИЯХ НЕОДНОРОДНОСТИ ЦЕЛЕВОГО ЧЕТВЕРТИЧНОГО ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА

*Неоднородность четвертичного водоносного комплекса, сложенного межморенными водоносными отложениями и глинистыми отложениями морен в области ледниковой аккумуляции на юге Калининградского п-ова, изучена методом наземной геофизики (ЗСБ-ЗМПП) и при проведении кустового опытно-фильтрационного опробования в процессе разведки Приморского месторождения подземных вод. Разработанная на основе этих исследований схема неоднородности целевого днепровско-московского межморенного водоносного горизонта дала возможность обосновать схему водозабора Приморской ТЭС, применительно к которой были оценены запасы подземных вод. **Ключевые слова:** Приморское месторождение подземных вод, наземная геофизика (ЗСБ-ЗМПП), схема неоднородности, интерпретация откачек, проектная схема водозабора, численное моделирование, оценка запасов подземных вод.*

Oliferova O.A., **Kozak S.Z.** (HYDEC)

SUBSTANTIATION OF THE GROUNDWATER ABSTRACTION SCHEME OF THE PRIMORSKY TPP IN THE KALININGRAD REGION UNDER THE CONDITIONS OF HETEROGENEITY OF THE TARGET QUATERNARY AQUIFER

*The heterogeneity of the quaternary aquifer complex, composed of inter-moraine aquifers and clay deposits of moraines in the area of glacial accumulation in the south of the Kaliningrad Peninsula, was studied by the method of ground-based geophysics and during cluster testing and filtration testing during the exploration of the Primorsky underground water field. The heterogeneity scheme of the target Dnieper-Moscow inter-moraine aquifer developed on the basis of these studies made it possible to substantiate the water intake scheme of the Primorsky TPP, in relation to which groundwater reserves were estimated. **Keywords:** Primorskoe underground water field, ground-based Geophysics (ZSB-ZMPP), heterogeneity scheme, pumping interpretation, water intake design scheme, numerical modeling, estimation of underground water reserves.*

Необходимость проведения гидродинамических расчетов для неоднородных водоносных горизонтов требует постановки специальных полевых исследований и построения по их результатам моделей изменчивости, отражающих природную фильтрационную неоднородность [1]. В качестве примера подхода к обоснованию схемы неоднородности целевого водоносного горизонта является использование для этой цели результатов геофизических и опытно-фильтрационных