

Современный этап разработки нефтяных месторождений Припятского прогиба сопровождается нарастанием негативных тенденций, связанных с целым рядом объективных и субъективных причин:

- ростом обводненности добываемой продукции;
- увеличением доли трудноизвлекаемых запасов нефти;
- старением и износом фонда эксплуатационных скважин;
- снижением годовых темпов отбора запасов;
- эксплуатационными осложнениями в виде отложений на подземном оборудовании солей и парафина [3].

Одна из серьёзных проблем – это неравномерная выработка запасов, так как значительная часть коллектора может оказаться не вовлечённой в процесс разработки из-за несовершенства применяемых технологий.

В нефтегазодобывающей отрасли в настоящее время эффективным направлением считается прогностическая аналитика, базирующаяся на интеграции данных, полученных по программе анализа разработки месторождений [1].

Получению комплексных данных по разработке могут способствовать процессы цифровизации.

Список литературы

1. Дмитриевский, А.Н., Еремин, Н.А. Ресурсно-инновационная модель и решение актуальных проблем разработки месторождений нефти и газа. // материалы I Международной конференции «Интеллектуальные месторождения: мировой опыт и современные технологии»: <http://oilconference.ru/d/304647/d/dmitrievskiy-a.n.,-eremin-n.a.-resursno-innovacionnaya-model.pdf>.

2. Еремин, Н.А. Управление разработкой умных месторождений: Учеб. пособие для вузов / Н.А. Еремин [и др.]. – М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2012. – 210 с.

3. Повжик, П.П. Системно-адресный подход к разработке, планированию и внедрению технологий активизации добычи трудноизвлекаемых и нетрадиционных запасов нефти на месторождениях Припятского прогиба / П.П. Повжик, Н. А. Демяненко. – Минск : Четыре четверти, 2023. – 296 с.

4. Тчаро Хоноре Цифровизация нефтяной промышленности: базовые подходы и обоснование «интеллектуальных» технологий / Тчаро Хоноре [и др.] // Вестник Евразийской науки, 2018 – №2. – С. 57–69.

УДК 550.4:556.31(476.2-37 Гомель)

А. Ф. АКУЛЕВИЧ¹, Н. А. ЖУРАВЕЛЬ¹, А. С. КУЗЬМИЦКАЯ²

О ХИМИЧЕСКОМ СОСТАВЕ ГРУНТОВЫХ ВОД ТЕРРИТОРИИ КООПЕРАТИВА «КАРАТ»

¹ УО «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины»,
г. Гомель, Республика Беларусь,

² БелНИПИнефть РУП «Производственное объединение «Белоруснефть»,
г. Гомель, Республика Беларусь,
akulevich2020@mail.ru

Дачный кооператив «Карат» расположен в 12 км восточнее восточной окраины г. Гомель, в 8 км юго-западнее районного центра Добруш, в 1,3 км южнее станции Дударево. Площадь участка, обследованного в 2006 г. 1 га. Участок начал осваиваться

в 1991 г. (на колхозном поле). Он примыкает к двум мелиоративным каналам – Южному, магистральному, и Западному, вспомогательному, сооруженным на бывшем болоте. Рельеф спокойный, понижающийся к каналам на 1,5–2,0 м.

В августе 1992 г. пробурена первая скважина глубиной 12 м, а в последующие годы сооружено еще несколько скважин глубиной до 13 м. Грунтовые воды находятся на глубине около 1,5 м в аллювиальных отложениях рек Сож и Ипуть. В конце ледниковой эпохи, 10–11 тыс. лет назад, р. Сож протекала в направлении Ветка – Добруш, а далее по долинам рек Хоропуть – Цата – Снов и впадала в Десну вблизи г. Чернигова. Затем неотектонические движения (или язык ледника) перегородили путь Сожу, он потек на юг (Гомель – Лоев) и стал впадать в Днепр. Широкую долину Сожа между Добрушем и Гомелем заняла р. Ипуть и сформировала свою гидрографическую сеть, по которой и проложены мелиоративные каналы.

Миграция Сожа в голоцене привела к тому, что на участке кооператива «Карат» выделяется две геоморфологические поверхности: более высокая (на 1,5–2,0 м) сформированная р. Сож, и низкая – р. Ипуть. Под высокой поверхностью почвы и залегающие ниже породы песчаные, сильно проницаемые, под низкой – заторфованные, менее проницаемые.

Весной 2006 г. отобраны 5 проб воды на сокращенный химический анализ (1 проба снега, 2 пробы воды из почвенного слоя, 2 пробы из скважин глубиной 12 и 13 м).

Проба снега взята в начале его таяния в чистый, отмытый снегом эмалированный тазик. Пробы воды из почвы отобраны из закопушек вблизи луж у канала Западный, на нижней геоморфологической поверхности. На более высокой поверхности лужи и гравитационная вода в почве отсутствовали, поэтому пробы там не были взяты. Пробы грунтовых вод отобраны из скважин после откачки насосом.

Химические анализы выполнялись в лаборатории БелНИПИнефть. Результаты лабораторных исследований приведены в таблице 1 (5 анализов 2006 г. и 1 анализ по скважине 1992 г.).

Рассчитывалась формула (1) солевого состава, куда вошли минерализация (М) и концентрация компонентов 1 %-экв и более. В конце формулы (1) приводится жесткость (Ж) в мг-экв и коэффициент загрязнения K_3 [2] вычисленный по формуле (1):

$$K_3 = \frac{M - \text{НСО}_3^-}{\text{НСО}_3^-}, \quad (1)$$

где М – величина минерализации, мг/дм³;

НСО_3^- – концентрация иона НСО_3^- , мг/дм³.

Таблица 1 – Гидрогеохимический разрез участка кооператива «Карат» до глубины 13 м

№ п/п	Наименование водопункта	Дата отбора пробы	Един. изме-рен.	Анионы					Катионы					pH
				HCO ₃	Cl	SO ₄	NO ₃	NO ₂	Ca	Mg	Na+K	NH ₄	Fe _{общ}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Снег	28.03.06	мг/дм ³	24,40	7,80	4,49	1,58	0,01	4,01	1,94	8,05	0,58	0,12	6,39
			мг-экв	0,40	0,22	0,09	0,03	–	0,20	0,16	0,35	0,03		
2	Вода из почвы	2.04.06	мг/дм ³	134,20	8,51	9,76	0,73	0,06	8,02	5,10	41,40	0,36	0,66	6,40
			мг-экв	2,20	0,24	0,20	0,03	–	0,40	0,42	1,80	0,02	0,03	
3	Вода из почвы	1.04.06	мг/дм ³	79,30	7,09	17,60	0,53	0,03	12,42	2,43	20,47	0,54	2,60	6,41
			мг-экв	1,30	0,20	0,37	0,01	–	0,62	0,20	0,89	0,03	0,17	
4	Скважина гл. 12 м	22.08.92	мг/дм ³	213,50	17,72	–	–	–	50,10	7,29	18,86	–	2,86	7,4
			мг-экв	3,50	0,50	–	–	–	2,50	0,60	0,82	–	0,10	
5	Скважина гл. 12 м	9.04.06	мг/дм ³	122,00	29,79	46,83	0,98	0,008	40,08	10,94	18,86	0,22	2,00	7,43
			мг-экв	2,00	0,84	0,98	0,02	–	2,00	0,90	0,82	0,01	0,11	
6	Скважина гл. 13 м	9.04.06	мг/дм ³	152,50	14,18	17,60	0,71	0,01	36,87	11,18	8,51	0,33	2,48	7,23
			мг-экв	2,50	0,40	0,37	0,01	–	1,84	0,92	0,37	0,02	0,13	

Окончание таблицы 1

№ п/п	Наименование водопункта	Дата отбора пробы	Формула (1) солевого состава воды
16	17	18	19
1	Снег	28.03.06	$M 0,053 \frac{HCO_3 27 Cl 30 SO_4 12}{Na 47 Ca 27 Mg 22} Ж 0,36 K_3 1,18$
2	Вода из почвы	2.04.06	$M 0,21 \frac{HCO_3 82 Cl 9 SO_4 7 NO_3 1}{Na 68 Ca 15 Mg 15 NH_4 1 Fe 1} Ж 0,82 K_3 0,57$
3	Вода из почвы	1.04.06	$M 0,14 \frac{HCO_3 69 SO_4 20 Cl 11}{Na 47 Ca 33 Mg 11 Fe 7 NH_4 2} Ж 0,82 K_3 0,77$
4	Скважина гл. 12 м	22.08.92	$M 0,31 \frac{HCO_3 87 Cl 12}{Ca 62 Na 21 Mg 15 Fe 2} Ж 3,10 K_3 0,45$
5	Скважина гл. 12 м	9.04.06	$M 0,27 \frac{HCO_3 52 SO_4 26 Cl 22}{Ca 52 Mg 23 Na 21 Fe 3} Ж 2,90 K_3 1,21$
6	Скважина гл. 13 м	9.04.06	$M 0,24 \frac{HCO_3 76 Cl 12 SO_4 11}{Ca 56 Mg 28 Na 11 Fe 4} Ж 2,76 K_3 0,57$

В работе [2] предложена классификация природной воды по степени загрязнения (таблица 2).

Таблица 2 – Характеристика воды по степени загрязнения и пригодности для хозяйственно-питьевых нужд (составлено автором)

К _з	Характеристика воды
≤ 0,5	Незагрязненная естественного гидрокарбонатного состава, пригодная для питья
0,5–1,0	Незагрязненная смешанного анионного состава, пригодная для питья
1,0–2,0	Относительно незагрязненная, пригодная только для хозяйственных нужд
2,0–4,0	Техногенно-метаморфизованная, загрязненная
4,0–10,0	Техногенно-метаморфизованная, сильно загрязненная
≥ 10,0	Техногенно-метаморфизованная, предельно загрязненная

Классификация (таблица 2) впервые разработана для района Гомельского химического завода (территории радиусом 30 км, в центре которой расположен завод) и обоснована 300 анализами подземных и поверхностных вод.

Ниже приводится характеристика снеговой, почвенной и грунтовой воды.

Снеговая вода имеет гидрокарбонатно-хлоридный натриево-кальциевый состав, минерализацию 0,053 г/дм³, жесткость 0,36 мг-экв и К_з = 1,18. Вода полностью удовлетворяет требованиям СанПиН [1].

Почвенная вода, отобранная через 3–4 дня после начала таяния снега, имеет минерализацию 0,14–0,21 г/дм³ (в 2,6–4,0 раза выше, чем у снега). Состав почвенной воды гидрокарбонатный натриевый и натриево-кальциевый, жесткость 0,82 мг-экв, К_з = 0,57–0,77. В формуле солевого состава появились *NO₃*, *NH₄*, *Fe*. Концентрация *Fe_{общ}* в 2–9 раз выше нормы СанПиН [1]. Концентрация иона *HCO₃⁻* составила 79,3–134,2 мг/дм³. По сравнению со снегом она увеличилась в 3,2–5,5 раза, т.е. процессы гниения в почве формируют основное количество *HCO₃⁻*, поступающее затем в грунтовые воды (37–63 % от концентрации *HCO₃⁻* в грунтовой воде в 1992 г., когда она не была загрязнена, и 65–110 % в 2006 г., таблица 1).

Грунтовая вода в скважине глубиной 12 м в 1992 г. была гидрокарбонатная кальциевая с минерализацией 0,31 г/дм³, жесткостью 3,1 мг-экв и К_з = 0,45. Концентрация *HCO₃⁻* составила 213,5 г/дм³. Содержание кальция равно 50,1 мг/дм³ (примерно в 5 раз выше, чем в почвенной воде), натрия – 18,86 мг/дм³. В 1992 г. вода этой скважины имела естественный состав, была незагрязненная, но содержание железа составляло 2,86 мг/дм³, в 9,5 раза выше нормы СанПиН [1]. Сравнивая эту концентрацию с почвенной водой, убеждаемся, что железо в грунтовые воды переходит из почвы (таблица 1), т.е. железо в грунтовой воде генетически связано с бывшим болотом.

В 2006 г., через 13,6 лет, минерализация воды в 12-метровой скважине уменьшилась до 0,27 г/л в связи с уменьшением концентрации иона *HCO₃⁻* до мг/дм³ (таблица 1). Вода стала гидрокарбонатно-сульфатной кальциевой с жесткостью 2,9 мг-экв. По сравнению с 1992 г. уменьшилось содержание иона *HCO₃⁻* (с 216,5 до мг/дм³, т.е. в 1,7 раза), что свидетельствует о загрязнении воды. Коэффициент загрязнения увеличился до 1,21 (в три раза). Загрязнение здесь достигло глубины 12 м за 13,6 лет, скорость нисходящего проникновения загрязнения около 1 м/год. В то же время СанПиН фиксирует лишь один

показатель, превышающий норму – железо (в 6,7 раза выше нормы). Но его концентрация за 13,6 лет практически не изменилась, только уменьшилась с 2,86 до 2,00 мг/дм³. С 1992 по 2003 г. произошло уменьшение концентрации гидрокарбоната кальция на 2 мг-экв и увеличение содержания сульфата и хлорида магния. Предполагаемого увеличения концентрации нитратов не произошло.

Скважина глубиной 13 м в 2006 г. содержала лучшую воду на участке «Карат»: состав воды гидрокарбонатный кальциево-магниевый, минерализация 0,24 г/дм³, жесткость 2,76 мг-экв, $K_3 = 0,57$. Содержание $Fe_{общ}$, равное 2,48 мг/дм³, принципиально не отличается от 12-метровой скважины – превышает норму СанПиН в 8 раз. Скорее всего, эта скважина вскрыла более глубокий водоносный слой по сравнению со скважиной 12 м (на три метра глубже).

Результаты гидрогеохимических исследований участка «Карат» показывают, что в разрезе до глубины 13 м выделяются три зоны (слоя):

- 1) гидрокарбонатные натриевые слабокислые (рН=6,4) воды почвенного слоя;
- 2) не изученные нами воды зоны аэрации (интервал глубин 0,3–1,5 м) и верхней части грунтового водоносного горизонта (1,5–3,0 м), где происходит катионный обмен кальция породы на натрий воды;
- 3) гидрокарбонатные кальциевые слабощелочные грунтовые воды (рН=7,4) с минерализацией 0,24–0,27 г/дм³ и коэффициентом загрязнения 0,57–1,21.

Анализы подтверждают, что основное количество иона HCO_3^- формируется в почвенном слое за счет CO_2 и H_2O . Почва же продуцирует $Fe_{общ}$, которое переходит в грунтовые воды (таблица 1).

При оценке качества грунтовых вод целесообразно комплексное применение СанПиН [1] и патента [2]. На участке «Карат» [1] не фиксирует принципиальных изменений химического состава грунтовых вод с 1992 по 2006 г. Не отвечает нормам СанПиН только $Fe_{общ}$, которое в несколько раз превышает норму (0,3 мг/дм³). В то же время K_3 [2] прецизионно реагирует на изменение качества воды, изменяясь со временем от 0,45 до 1,21.

Выводы и предложения: 1) техногенный процесс на участке «Карат» привел к загрязнению грунтовых вод до глубины 12 м и более, причем загрязняющие вещества перемещаются сверху вниз со скоростью 1 м/год; 2) не рекомендуется использовать грунтовые воды для питья без производства бактериологических анализов, но она пригодна для полива; 3) отбор проб снега, воды из почвы и воды из скважин следует производить в дальнейшем через 3–5 лет; 4) не исключен вариант бурения 60-метровой скважины на палеогеновый водоносный горизонт и использование напорных вод несколькими кооперативами; 5) аналогичные исследования целесообразны на участках других дачных кооперативов.

Список литературы

1. СанПиН 10–124 РБ 99. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – Мн.: Республиканский центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья, 1999. – 48 с.
2. Способ оценки степени загрязнения природной воды: пат. ВУ 6024 / Н.А. Журавель, В.Г. Жогло, Ю.П. Иванов, А.С. Кузьмицкая; заявитель и патентообладатель Учреждение образования «Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины». – № 970461 ; заявл. 19.08.1997 ; опубл. 30.03.2004.