

**ЭКОЛОГО-ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ
ВОДОНОСНОГО ВЕРХНЕПЛИОЦЕНОВОГО ТЕРРИГЕННОГО
ГОРИЗОНТА В РАЙОНЕ СЕЛА МЕДОВКА РАМОНСКОГО РАЙОНА
ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ****Д. А. Белозеров, В. А. Бударина, А. А. Курышев***Воронежский государственный университет*

Поступила в редакцию 5 марта 2019 г.

Аннотация: в статье приведена эколого-гидрогеологическая оценка состояния водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта в районе села Медовка Рамонского района Воронежской области на основании изучения экологических функций подземных вод. Рассмотрены и даны: ресурсная экологическая оценка, эколого-гидрогеохимическая оценка, эколого-геофизическая оценка, эколого-гидродинамическая оценка. Ресурсная экологическая оценка показала наличие подземных вод в объеме и качестве необходимом для обеспечения нужд населения. Рассчитаны размеры трех поясов зон санитарной охраны. Выявлено несоответствие качества подземных вод по мутности, кислотно-щелочному балансу, железу и нитратам. Эколого-геофизическая оценка качества подземных вод выявила допустимое их состояние. Рассчитаны гидродинамические показатели изучаемого водоносного горизонта: среднее значение величины допустимого понижения по участку, понижение уровня подземных в результате эксплуатации водозабора, гидродинамический потенциал при условии сохранения существующей системы водоснабжения. На основании полученных результатов сформирована схема природоохранных мероприятий для водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта в изучаемом районе.

Ключевые слова: подземные воды, водоносный верхнеплиоценовый терригенный горизонт, эколого-гидрогеологическая оценка, состояние подземных вод, питьевая вода, качество питьевых вод, природоохранные мероприятия.

**ECOLOGICAL-HYDROGEOCHEMICAL ASSESSMENT OF THE AQUEOUS UPPER
PLIOCENE TERRIGENOUS HORIZON CONDITION IN THE AREA OF VILLAGE
MEDOVKA RAMONSKY DISTRICT OF VORONEZH REGION**

Abstract: the article presents an ecological-hydrogeochemical assessment of the aqueous upper Pliocene terrigenous horizon condition in the area of village Medovka Ramonsky district of Voronezh region, based on the study of the ecological functions of groundwater. Considered and given: resource environmental assessment, environmental and hydrogeochemical assessment, environmental and geophysical assessment, environmental and hydrodynamic assessment. Resource environmental assessment showed the presence of groundwater in the volume and quality necessary to meet the needs of the population. The sizes of three zones of sanitary protection zones are calculated. The discrepancy between the quality of groundwater and turbidity, acid-base balance, iron and nitrates was revealed. Ecological and geophysical assessment of groundwater quality revealed their permissible condition. The hydrodynamic indices of the aquifer under study were calculated: the average value of the allowable decrease for the site, the decrease in the level of the underground as a result of the operation of the water intake, the hydrodynamic potential, provided that the existing water supply system is maintained. Based on the results obtained, a scheme of environmental measures for the Upper Pliocene terrigenous aquifer in the studied area was formed.

Key words: groundwater, aquifer Upper Pliocene terrigenous horizon, ecological and hydrogeological assessment, groundwater condition, drinking water, quality of drinking water, environmental protection measures.

Введение

Согласно данным докладов Организации Объединенных наций, на начало XXI века более 1,2 млрд людей живут в условиях постоянного дефицита пресной воды. Еще больше людей страдают от перебоев в подаче воды.

Россия является одной из самых обеспеченных пресной водой стран. Но проблема качества подземных вод становится с каждым годом все более значимой для населения. Исключением не является и Воронежская область, где качество подземных вод с каждым годом ухудшается. Это обусловлено как природными факторами, так и все большим влиянием техногенных факторов.

Целью данного исследования является эколого-гидрогеологическая оценка состояния водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта в районе села Медовка Рамонского района Воронежской области. Вода используется в данном районе для питьевых и хозяйственно-бытовых нужд коттеджного поселка. Проводимые исследования необходимы для обеспечения качества подземных вод используемых для питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения населения. Время проведения работ с 2012 по 2018 гг.

Для достижения поставленной цели необходимо рассмотреть экологические функции водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта в соответствии с [1]. В этом случае, задачи исследования будут следующие:

- 1) дать ресурсную экологическую оценку водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта;
- 2) дать эколого-гидрогеохимическую оценку водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта;
- 3) дать эколого-геофизическую оценку водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта ;
- 4) дать эколого-гидродинамическую оценку водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта;
- 5) разработать природоохранные мероприятия для обеспечения качества питьевых вод в изучаемом районе.

Район исследования располагается в селе Медовка Рамонского района Воронежской области, в пределах Окско-Донской равнины, на левом берегу реки Дон, в 2,4 км от ее русла.

Изучаемая территория представляет собой район, где находится большое количество жилых коттеджей и дачных домов с подсобными участками.

Для водоснабжения населения коттеджного поселка было пробурено 2-е разведочно-эксплуатационных скважины на водоносный верхнеплиоценовый терригенный горизонт. Нормативный расчет водопотребления составляет 505,01 м³/сут. Полевые гидрогеологические исследования проводились с помощью данных скважин. Глубина скважин составляет: скважины № 1 – 49 м, скважины № 2 – 57 м. Схема расположения скважин представлена на рис. 1.



Рис. 1. Карта расположения территории исследований и скважин

Методика исследований

Оценка состояния водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта проводилась в соответствии с поставленными задачами:

1) ресурсная экологическая оценка водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта производилась на основании расчета и анализа следующих параметров:

- литологии водовмещающих пород, мощности водоносного горизонта, глубины залегания подземных вод, величины напора.
- расчета размеров зон санитарной охраны подземных вод;
- бактериологического анализа подземных вод.

Литология водовмещающих пород, мощность водоносного горизонта, глубина залегания подземных вод, мощность напора определялись в результате проведения буровых работ.

Для обеспечения качества подземных вод, а, следовательно, и ресурса подземных вод, производилось определение размеров и контроль состояния зон санитарной охраны. Размер первого пояса ЗСО составляет 30 метров для защищенных подземных вод и 50 для незащищенных. Удаление границ второго и третьего поясов зон санитарной охраны для каждой скважины, предназначенных, соответственно, для защиты от микробного и химического загрязнения, рассчитывалось по формуле:

$$R_2 = \sqrt{\frac{Q \times T}{\pi \times \mu \times H}}, \quad (1)$$

где R – радиус санитарной охраны второго пояса, м;
Q – дебит каждой проектируемой скважины
T – расчетное время, сут
H – мощность водоносного горизонта, м.

μ – водоотдача или активная пористость водовмещающих пород.

Для анализа бактериологического состояния подземных вод водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта с 2012 по 2018 гг. производился мониторинг по следующим показателям: общие колиформные бактерии, термотолерантные колиформные бактерии, общее микробное число.

2) Эколого-гидрогеохимическая оценка водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта проводилась на основании сравнения полученных концентраций веществ с предельно-допустимыми концентрациями. Мониторинг за состоянием качества подземных вод осуществлялся с 2012 по 2018 гг. Анализ производился по следующим показателям: а) органолептическим; б) химическим.

Для оценки степени загрязненности подземных вод загрязняющими веществами был использован параметр, имеющий взаимосвязь с экологической

обстановкой [2, 3]. Этим параметром является:

K_k – коэффициент концентрации по каждому элементу (табл. 1), превышающему ПДК, который рассчитывается по формуле [4]:

$$K_k = \frac{C_i}{C_{ПДК}}, \quad (2)$$

где C_i – концентрации элемента в анализируемой пробе (мг/дм³, мг/кг);

$C_{ПДК}$ – нормируемая предельно допустимая концентрация данного элемента (мг/дм³, мг/кг) [4].

3) Эколого-геофизическая оценка подземных вод производилась по следующим показателям: удельная суммарная α -активность, удельная суммарная β -активность, удельная активность радона-222.

4) Эколого-гидродинамическая оценка водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта производилась на основании расчета основных гидродинамических показателей.

Таблица 1

Нормирование состояния подземных вод по степени загрязнения

Значения K_k веществ 2 класса опасности	Значения K_k веществ 3 класса опасности	Оценка состояния вод
<1	<1	Допустимое
1–2	1–5	Умеренно опасное
2–5	5–10	Опасное
5–10	10–15	Высоко опасное
>10	>15	Чрезвычайно опасное

Подсчёт запасов подземных вод проводился гидродинамическим методом. Так как водозабор состоит из двух существующих эксплуатационных скважин расположенных в линейном ряду ($l = 600$ м), то для расчётов они были заменены обобщённой системой («большим колодцем»), дебит которых равнялся суммарному дебиту входящих в него скважин, т.е. равнялся величине общей нормативной величине водопотребления, равной 505,01 м³/сут.

Расчётное понижение уровня в центре обобщённой системы будет складываться из понижения уровня в скважине и зависит от вида системы и граничных условий продуктивного комплекса – $S_{об}$, а также от величины дополнительного понижения в той же скважине, что зависит от расположения скважин внутри системы, их несовершенства и расхода каждой скважины – $S_{ск}$.

$$S_{расч} = S_{об} + S_{ск} \quad (3)$$

Так как эксплуатация водозабора будет производиться длительное время ($\approx 10^4$ суток), когда справедливым является логарифмическое преобразование функции E_i , аналитические расчёты можно выполнить по формуле для условий квазистационарного режима фильтрации, если на водозаборных участках все взаимодействующие скважины были пущены в эксплуатацию одновременно.

При этих условиях понижение уровня в скважине ($S_{об}$) можно определить по следующему уравнению:

$$S_{об} = \frac{Q_{сум}}{4\pi km} R_{об} \quad (4)$$

$R_{об}$ – внешнее фильтрационное сопротивление, вызываемое действием обобщённой системы.

$$R_{об} = \ln \frac{2,25at}{r_k^2}, \quad (5)$$

$$\text{где } r_k = 0,2l \quad (6)$$

Величину дополнительного сопротивления – $S_{ск}$ можно определить по формуле:

$$S_{ск} = \frac{Q_i}{4\pi km} \Delta R_{скв}, \quad (7)$$

где $\Delta R_{скв}$ – дополнительное сопротивление, зависящее от расположения скважин внутри системы и их несовершенства (так называемое внутреннее сопротивление).

$$\Delta R_{скв} = 2 \left(\ln \frac{r_{np}}{r_{скв}} + \xi \right), \quad (8)$$

где r_{np} – приведенный радиус влияния данной скважины внутри обобщающей системы,

ξ – гидравлическое сопротивление, вызываемое несовершенством данной скважины.

$$r_{np} = \frac{b}{\pi}, \quad (9)$$

где b – половина расстояния между скважинами [5].

Гидродинамический потенциал водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта оценивается по формуле:

$$Q_{сум} = \frac{4S_{об}\pi km}{\ln \frac{2,25at}{r_k^2} + \ln \frac{r_{np}}{r_{ске}} + \zeta} \quad (10)$$

Результаты исследований

Ресурсная экологическая оценка водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта

В геологическом строении территории работ принимает участие верхний комплекс, сложенный породами осадочного чехла: четвертичной системы, неогена и девона, на глубину бурения скважин.

Девонская система

Представлена отложениями верхнего отдела – семилукской свиты, верхнесемилукской подсвиты (глины серые плотные, вскрытая мощность 1 м).

Неогеновая система

Представлена отложениями урывской свиты, верхнеурывской подсвиты (пески желтовато-серые, разномерные (9,8–10 м); в кровле глины темно-

серые, местами с прослоями песка (5,0–15,5 м)). Общая мощность отложений по результатам бурения 14,8–25,5 м. Подошва неогеновых отложений залегает на глубине 48,0 м [6].

Четвертичная система

Представлена отложениями микулинского и калининского горизонтов (пески серые разномерные (17,5 м), в кровле суглинки бурые, плотные (5 м)). Общая мощность отложений по результатам бурения достигает 22,5 м.

Водоносный верхнеплиоценовый терригенный горизонт (N_2^3) распространен по всей исследуемой территории. Подземные воды приурочены к разномерным пескам верхнеурывской подсвиты ($N_{2u}r_2$). Мощность горизонта 9,8–10,0 м. Подземные воды напорные. Глубина залегания уровня 36,0–30,5 м. Удельные дебиты скважин составляют 0,69–0,49 л/с/м. Минерализация варьирует от 0,095 до 0,132 г/дм³. По химическому составу воды сульфатные, натриево-кальциевые. Питание водоносного верхнеплиоценового водоносного горизонта осуществляется в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков, а также перетекания из смежных водоносных горизонтов, разгрузка непосредственно в гидрографическую сеть и через родники. В настоящее время, горизонт эксплуатируется 2-я скважинами.

Гидрогеологический разрез представлен на рис. 2.



Рис.2. Гидрогеологический разрез по участку исследований.

Удаление границ второго пояса зоны санитарной охраны для каждой скважины, предназначенного для защиты от микробного загрязнения, рассчитывается по формуле 1, где:

R – радиус санитарной охраны второго пояса, м;

Q – дебит каждой проектируемой скважины 252,505 м³/сут;

T – время продвижения микробного загрязнения воды, сут. (200 сут.);

H – мощность водоносного горизонта, м. (9,9 м);

μ – водоотдача или активная пористость водовмещающих пород (для среднезернистых песков – 0,2) [7].

Подставляя в формулу 1 числовые значения, входящих в нее параметров получим:

$$R_2 = \sqrt{\frac{252,505 \times 200}{3,14 \times 0,2 \times 9,9}} = 90,13 \text{ м.} \quad (11)$$

Следовательно, радиус зоны санитарной охраны второго пояса по скважинам равен 90,13 м.

Удаление границ третьего пояса зоны рассчитывается по той же формуле 1, но значение времени возможного химического загрязнения принимается рав-

ным 25 лет или 10 000 суток, т.е.

$$R_3 = \sqrt{\frac{252,505 \times 10000}{3,14 \times 0,2 \times 9,9}} = 637,29 \text{ м.} \quad (12)$$

Следовательно, радиус зоны санитарной охраны третьего пояса по скважинам равен 637,29 м.

В границах обозначенных ЗСО источники загрязнения подземных вод представлены дачными участками, жилыми частными домами. В этой связи, основными загрязняющими веществами в границах 3-его пояса ЗСО являются: нитраты, аммонийный азот, хлориды, фосфаты, поверхностно-активные вещества, взвешенные вещества. Загрязнение данными веществами возможно на участках отсутствия водоупоров или незначительной их мощности. На рис. 3 отображены ЗСО, основные источники загрязнения подземных вод и загрязняющие вещества.

В результате проведения бактериологического анализа выявлено отсутствие общих колиформных бактерий и термотолерантных колиформных бактерий. Общее микробное число варьирует от 0 до 2, что соответствует нормативам [8].

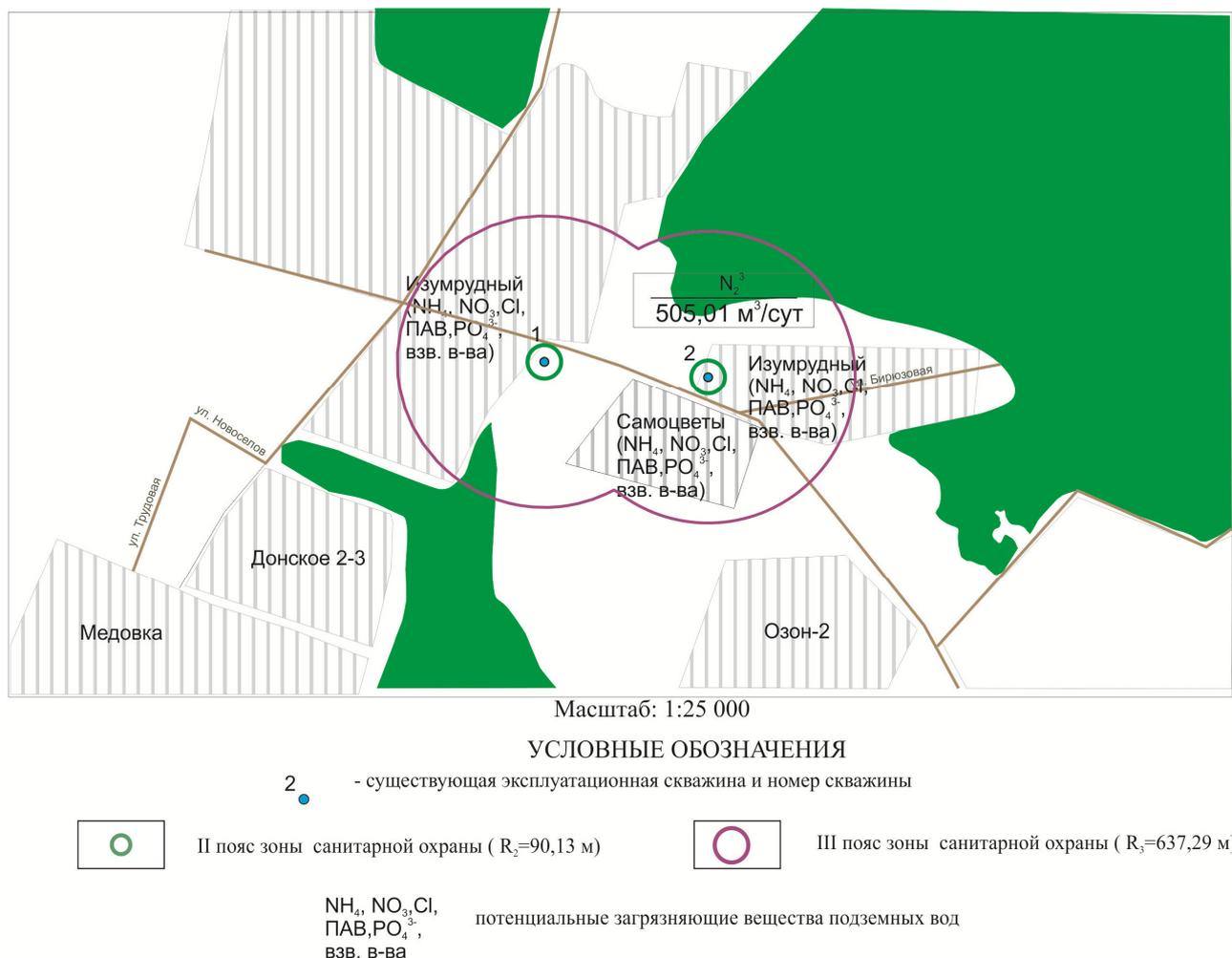


Рис. 3. Размер ЗСО и потенциальные загрязняющие вещества подземных вод.

Эколого-гидрогеохимическая оценка водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта

С начала мониторинговых наблюдений и по настоящее время химический состав вод практически не изменился. Минерализация варьирует от 95 до 132 мг/дм³, амплитуда колебаний составляет 37 мг/дм³, рН – 5,86–6,34. Жёсткость в пределах 1,2–1,5 мг/дм³, концентрация железа общего варьирует – <0,05–1,21 мг/дм³. Содержание хлоридов <0,05–10,0 мг/дм³, сульфатов – 16,6–27,1 мг/дм³. Компоненты азотной группы – нитраты 18,5–56,1 мг/дм³, соли аммония, нитриты в норме [8]. Величина окисляемости изменяется от <0,25 до 1,17 О₂ мг/дм³, в норме [8]. Из микрокомпонентов: фтор – 0,08 мг/дм³, бор <0,02 мг/дм³ в норме [8], марганец <0,05 мг/дм³, в норме [8]. Другие микрокомпоненты (алюминий, медь, молибден, цинк, свинец и т.д.) практически отсутствуют. По результатам лабораторных работ установлено, что особых изменений химического состава подземных вод за 7 лет не наблюдается. По результатам эколого-гидрогеохимической оценки состояния подземных

вод отмечается превышение концентраций железа общего и нитратов. Водородный показатель и мутность (за счет железа) в некоторых пробах не соответствуют нормативам. Результаты химического анализа подземных вод приведены в табл. 2.

По основным загрязняющим веществам [9, 10] были построены графики динамики их концентраций. Кислотно-щелочной баланс подземных вод водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта с 2016 г снижен и составляет 5,86 (при ПДК 6–8). То есть, подземные воды характеризуются более кислым составом, по сравнению с нормативами (рис. 4).

Концентрация железа в норме, за исключением 2015 г, когда отмечается превышения концентрации в 4,03 раза (рис. 5) относительно ПДК (0,3 мг/л).

Фиксируется превышение концентрации нитратов в 2014 г (рис. 6) в 1,25 раз относительно ПДК (45 мг/л). За рассматриваемый период концентрация нитратов составляет от 0,41–1,25 ПДК. В целом, состояние подземных вод оценивается как умеренно опасное.

Таблица 2

Качество подземных вод водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта

№№ п/п	Наименование показателей	Единица измерения	Нормативное содержание (ПДК)	Фактическое содержание от – до среднее	
				Скважина 1	Скважина 2
1	2	3	4	5	6
1	Водородный показатель	единицы рН	6–9	<u>5,86–6,34</u> 6,09	<u>5,86–6,05</u> 5,96
2	Запах	балл	2	<u>1–2</u> 1,57	<u>0–2</u> 1
3	Цветность	градусов	20	<u><1–2</u> 1,57	<u>3,6–6,7</u> 5,15
4	Мутность	мг/дм ³	2,6	<1	<u><1–7,8</u> 4,4
5	Сухой остаток	мг/дм ³	1000	<u>111–132</u> 118,33	<u>95–106</u> 100,5
6	Общая жесткость	мг–экв/л	7	<u>1,2–1,5</u> 1,33	<u>1,5</u> 1,5
7	Перманганатная окисляемость	мг/ дм ³	5,0	<u><0,25–1,17</u> 0,68	<u>0,31–0,55</u> 0,43
8	Нефтепродукты	мг/дм ³	0,1	<0,04	<0,04
9	СПАВ	мг/дм ³	0,5	<0,015	<0,015
10	Алюминий (Al)	мг/дм ³	0,2	<0,04	<0,04
11	Барий (Ba)	мг/дм ³	0,7	<0,03	<0,03
12	Бериллий (Be)	мг/дм ³	0,0002	<0,0001	<0,0001
13	Бор (B)	мг/дм ³	0,5	<u><0,1–<0,2</u> <0,13	<u><0,1</u> <0,1
14	Кадмий (Cd)	мг/дм ³	0,001	<0,0005	<0,0005
15	Кальций	мг/дм ³	–	<u>20,0–22,0</u> 20,67	<u>20,0–22,0</u> 21,00
16	Марганец (Mn)	мг/дм ³	0,1	<0,05	<0,05
17	Мышьяк (As)	мг/дм ³	0,01	<0,01	<0,01
18	Натрий (Na) + Калий (K)	мг/дм ³	–	8,4	–
19	Никель (Ni)	мг/дм ³	0,02	<0,01	<0,01
20	Ртуть (Hg)	мг/дм ³	0,0005	<0,00025	<0,00025
21	Хлор (Cl)	мг/дм ³	350,0	<u>7,8–9,3</u> 8,67	<u>9,5–10,0</u> 9,75
22	Фенольный индекс	мг/дм ³	0,25	<0,005	–

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6
23	Хром (Cr)	мг/дм ³	0,05	<0,025	<0,025
24	Цианиды	мг/дм ³	0,07	<0,01	<0,01
25	Магний (Mg)	мг/дм ³	–	<u>2,4–6,1</u> 3,63	<u>4,9–6,1</u> 5,50
26	Свинец (Pb)	мг/дм ³	0,01	<0,005	<0,005
27	Селен (Se)	мг/дм ³	0,01	<0,005	<0,005
28	Стронций (Sr)	мг/дм ³	7,0	<0,5	<0,5
29	Сульфат (SO ₄)	мг/дм ³	500,0	<u>16,6–24,4</u> 21,13	<u>20,1–27,1</u> 23,6
30	Фтор (F)	мг/дм ³	1,5	<u><0,08–0,08</u> 0,08	<u><0,08</u> <0,08
31	ДДТ	мг/дм ³	0,002	<0,001	<0,001
32	2.4–Д	мг/дм ³	0,03	<0,002	<0,002
33	Железо (Fe)	мг/дм ³	0,3	<u><0,05–0,16</u> 0,10	<u><0,05–1,21</u> 0,63
34	Нитрат (NO ₃)	мг/дм ³	45,0	<u>39,5–56,1</u> 44,37	<u>18,5–22,2</u> 20,35
35	Нитрит (NO ₂)	мг/дм ³	3,0	<u><0,003–0,011</u> 0,0057	<u><0,003–0,104</u> 0,0535
36	Аммиак (NH ₄)	мг/дм ³	2,0	<u><0,8</u> <0,8	<u><0,8</u> <0,8
37	Цинк (Zn)	мг/дм ³	1,0	<0,05	<0,05
38	ГХЦГ	мг/дм ³	0,002	<0,002	<0,002
39	Медь (Cu)	мг/дм ³	1,0	<0,05	<0,05
40	Гидрокарбонаты (HCO ₃)	мг/дм ³		<u>18,3–24,4</u> 20,33	<u>30,5–36,6</u> 33,55
41	Молибден (Mo)	мг/дм ³	0,07	<0,01	<0,01
42	α-активность	Бк/л	0,2	<u><0,02–0,07</u> 0,047	<u>0,072</u> 0,072
43	β-активность	Бк/л	1,0	<u><0,16–0,52</u> 0,28	<u>0,24</u> 0,24
44	Радон	Бк/л	60,0	<u>5,3–10,7</u> 8,57	<u>3,9</u> 3,9
45	Общие колиформные бактерии	число бактерий в 100 мл	Отсутствие	Отсутствуют	Отсутствуют
46	Термотолерантные колиформные бактерии	число бактерий в 100 мл	Отсутствие	Отсутствуют	Отсутствуют
47	Общее микробное число	число образующих колоний бактерий в 1 мл	не более 50	<u>0–2</u> 0,67	<u>0–1</u> 0,5

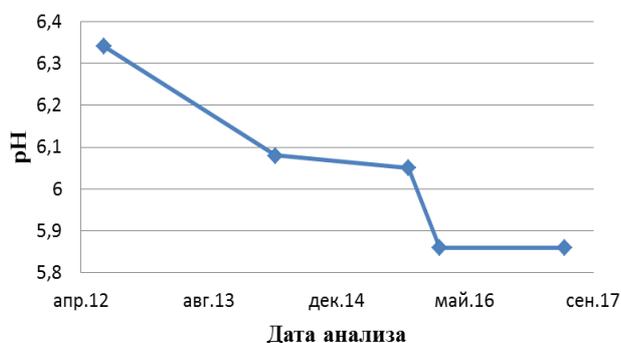


Рис. 4. Динамика кислотно-щелочного баланса подземных вод водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта.

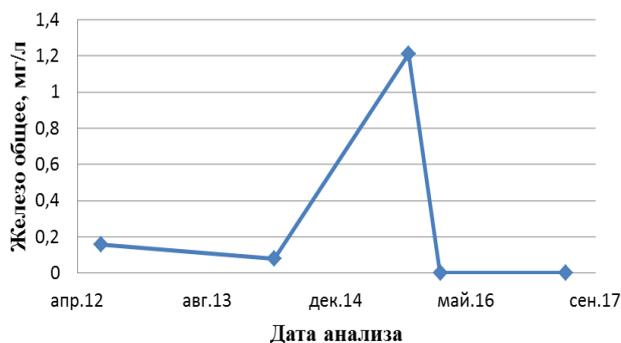


Рис. 5. Динамика концентраций железа в подземных водах водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта.

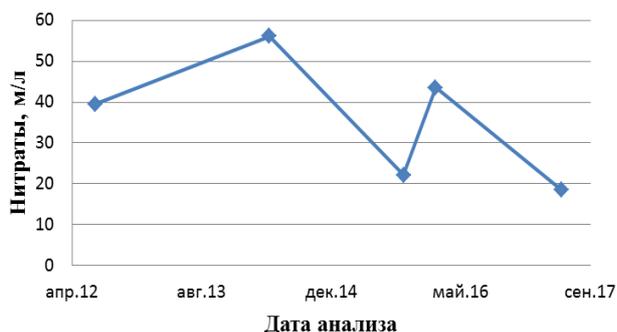


Рис. 6. Динамика концентраций нитратов в подземных водах водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта.

Эколого-геофизическая оценка подземных вод водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта

В результате проведения эколого-геофизической оценки отмечается отсутствие превышений нормативов. Состояние подземных вод оценивается как допустимое. Удельная суммарная α -активность варьирует от 0,02 до 0,07 Бк/л, удельная суммарная β -активность – от 0,16 до 0,52 Бк/л, удельная активность радона-222 – от 3,9 до 10,7 Бк/л.

Эколого-гидродинамическая оценка водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта

По площади распространения водоносный горизонт схематизируется как неограниченный в плане и в разрезе, напорный с поровым типом проницаемости. Водовмещающими породами являются разноразмерные пески.

Величина допустимого понижения.

За величину допустимого понижения ($S_{доп}$), используемого при оценке понижения динамического уровня подземных вод принята величина напора над кровлей водоносного горизонта и половина мощности пласта.

Коэффициент водопроницаемости.

Расчет водопроницаемости производился по результатам опытных одиночных откачек по скважинам № 1 и 2 по графикам временного прослеживания при понижении и восстановлении уровня подземных вод. Результаты расчетов представлены в табл. 3.

Таким образом усредненное значение коэффициента водопроницаемости для водоносного верхнеплиоценового горизонта составило 203 м²/сут.

Таблица 3

Таблица результатов определения коэффициента водопроницаемости по участку

Индекс водоносного горизонта	Значения km, полученное графоаналитическим методом, м ² /сут		Среднее значение km, м ² /сут
	1	2	
N ₂ ³	256	149	203
N ₂ ³	245	163	

Коэффициент пьезопроводности.

Исходя из рекомендаций [11] применительно к значению упругой водоотдачи $\mu^* = 10^{-3}$ для напорных вод при $100 \leq km \leq 500$ значение $a^* = \alpha \times 10^5$ м²/сут, где $\alpha = km/100$. Таким образом значение коэффициента пьезопроводности $a^* = 2 \times 10^5$ м²/сут.

Мощность водоносных и разделяющих слоев

Достаточно подробно изложена в описании гидрогеологических условий участка. Для расчета использованы данные бурения скважины. Средняя мощность обводненных терригенных отложений по данным бурения составила 9,9 м.

Проектная нагрузка скважин принята как максимально допустимая величина водоотбора и равна 505,01 м³/сут.

Радиус влияния скважины

Величину $R_{вл}$ целесообразно рассчитывать по формуле для неустановившегося движения для того, чтобы исключить занижение возможного влияния оцениваемой скважины на определяемую величину

понижения уровня:

$$R_{вл} = 1,5 \times \sqrt{a^* t}, \quad (13)$$

где a – коэффициент пьезопроводности, м²/сут
 t – срок действия лицензии 10000 сут

$$R_{вл} = 1,5 \times \sqrt{2 \times 10^5 \times 10^4} = 67082 \text{ м} \quad (14)$$

Основные расчетные гидродинамические параметры систематизированы в табл. 4.

Основные исходные данные по изучаемой территории:

- Проектный дебит эксплуатационной скважины, $Q = 252,505 \text{ м}^3/\text{сут}$;
- Количество эксплуатационных скважин, $n = 2$;
- Суммарный дебит водозаборного ряда, $Q_{вод} = 505,01 \text{ м}^3/\text{сут}$;
- Длина водозаборного ряда, $l = 600 \text{ м}$;
- Расстояние между скважинами, $2\delta = 600 \text{ м}$;
- Допустимое понижение, $S_{доп} = 13,4 \text{ м}$;
- Мощность водоносного комплекса, $m = 9,9 \text{ м}$;
- Коэффициент водопроницаемости, $km = 203 \text{ м}^2/\text{сут}$;
- Коэффициент пьезопроводности, $a = 2 \times 10^5 \text{ м}^2/\text{сут}$.

Таблица 4

Значения основных гидродинамических параметров

m , м	km , м ² /сут	a^* , м ² /сут	r_{c2} , м	$S_{дон}$, м	Q , м ³ /сут	$R_{взл}$, м
1	2	3	4	5	6	7
9,9	203	2×10^5	0,11	13,4	505,01	67082

Понижение, вызванное внешним воздействием системы, рассчитывается по формуле 4:

$$S_{об} = \frac{505,01}{4 \times 3,14 \times 203} \ln \frac{2,25 \times 2 \times 10^5 \times 10^4}{(0,2 \times 600)^2} = 2,5 \text{ м.} \quad (15)$$

Дополнительное понижение уровня в скважине будет составлять (формула 7):

$$S_{ск} = \frac{252,505}{4 \times 3,14 \times 203} 2 \left(\ln \frac{300}{\frac{3,14}{0,2}} + 2,1 \right) = 1,22 \text{ м.} \quad (16)$$

Общее понижение в водоносном комплексе составит:

$$S_{расч} = 2,5 + 1,22 = 3,72 \text{ м.} \quad (17)$$

Таким образом, полученное расчетное понижение уровня $S_{расч}$ оказалось гораздо меньше величины допустимого понижения – $S_{доп} = 13,4$ м., что свидетельствует об обеспеченности запасов подземных вод на весь расчетный срок эксплуатации водозабора с производительностью 505,01 м³/сут.

Гидродинамический потенциал водозабора при сохранении существующей системы водоснабжения составит:

$$Q_{сум} = \frac{4 \times 13,4 \times 3,14 \times 203}{\ln \frac{2,25 \times 2 \times 10^5 \times 10^4}{(0,2 \times 600)^2} + \ln \frac{3,14}{0,2} + 2,1} = 1633,16 \text{ м}^3/\text{сут.} \quad (18)$$

Таким образом, нормативный расчет водопотребления с учетом перспективы развития может быть равным 1633,16 м³/сут.

Разработка природоохранных мероприятий для обеспечения качества питьевых вод

На основании полученных результатов были сформированы природоохранные мероприятия, которые отображены на схеме природоохранных мероприятий для водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта в изучаемом районе (рис. 7).

Заключение

В результате проведенных исследований была дана эколого-гидрогеологическая оценка состояния водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта в районе села Медовка Рамонского района Воронежской области.

Ресурсная экологическая оценка показала наличие подземных вод в объеме и качестве необходимом для обеспечения нужд населения. Размеры трех поясов

ЗСО составили соответственно 30 м, 90,13 м, 637,29 м. Выявлены потенциальные загрязняющие вещества подземных вод.

Гидрогеохимические показатели качества подземных вод водоносного верхнеплиоценового терригенного горизонта в целом соответствуют нормативам. Несоответствия отмечаются по мутности, кислотно-щелочному балансу, железу и нитратам. Максимальное превышение фиксируется по железу в 2015 г в 4,03 раза относительно ПДК. Состояние подземных вод оценивается как умеренно опасное.

Эколого-геофизическая оценка качества подземных вод выявила допустимое их состояние.

Рассчитаны гидродинамические показатели изучаемого водоносного горизонта:

- среднее значение величины допустимого понижения по участку составляет 13,4 м;
- понижение уровня подземных в результате эксплуатации водозабора составит 3,72 м;
- гидродинамический потенциал при сохранении существующей системы водоснабжения оценивается в 1633,16 м³/сут.

В качестве основных природоохранных мероприятий выделяются:

- установка станции по обезжелезиванию и денитрификации;
- обязательный контроль содержания потенциальных загрязняющих веществ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимов, В. Т. Экологическая геология: Учебник для студ. геол. специальностей вузов / В. Т. Трофимов, Д. Г. Зилинг; М-во природ. ресурсов Рос. Федерации. Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. – М.: Геоинформмарк, 2002. – 414 с.
2. Косинова, И. И. Методика оценки трансформации верхних водоносных горизонтов в зоне влияния предприятий по производству минеральных удобрений / И. И. Косинова, Д. А. Белозеров. – Труды научно-исследовательского института геологии Воронеж. гос. ун-та. – Вып. 84 – Воронеж. – 2014. – 121 с.
3. Косинова, И. И. Теория и методология геоэкологических рисков / И. И. Косинова, Н. Р. Кустова // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2008. – № 2. – С. 189–197.
4. Косинова, И. И. Методы эколого-геохимических, эколого-геофизических исследований и рациональное недропользование: учебное пособие для студ. вузов, обуч. по направлению 511000 "Геология" и университетским геол. специальностям / И. И. Косинова, В. А. Богословский, В. А. Бударина. – Воронеж: Изд-во гос. ун-та. – 2004. – 279 с.
5. Боровский, Б. В. Оценка запасов подземных вод: Учебник для студ. геолог. фак-тов ун-тов и горных вузов / Б. В. Боровский, Н. И. Дробноход, Л. С. Язвин. – Киев: Выща школа, 1989. – 407 с.
6. Косинова, И. И. Литологический фактор как одна из

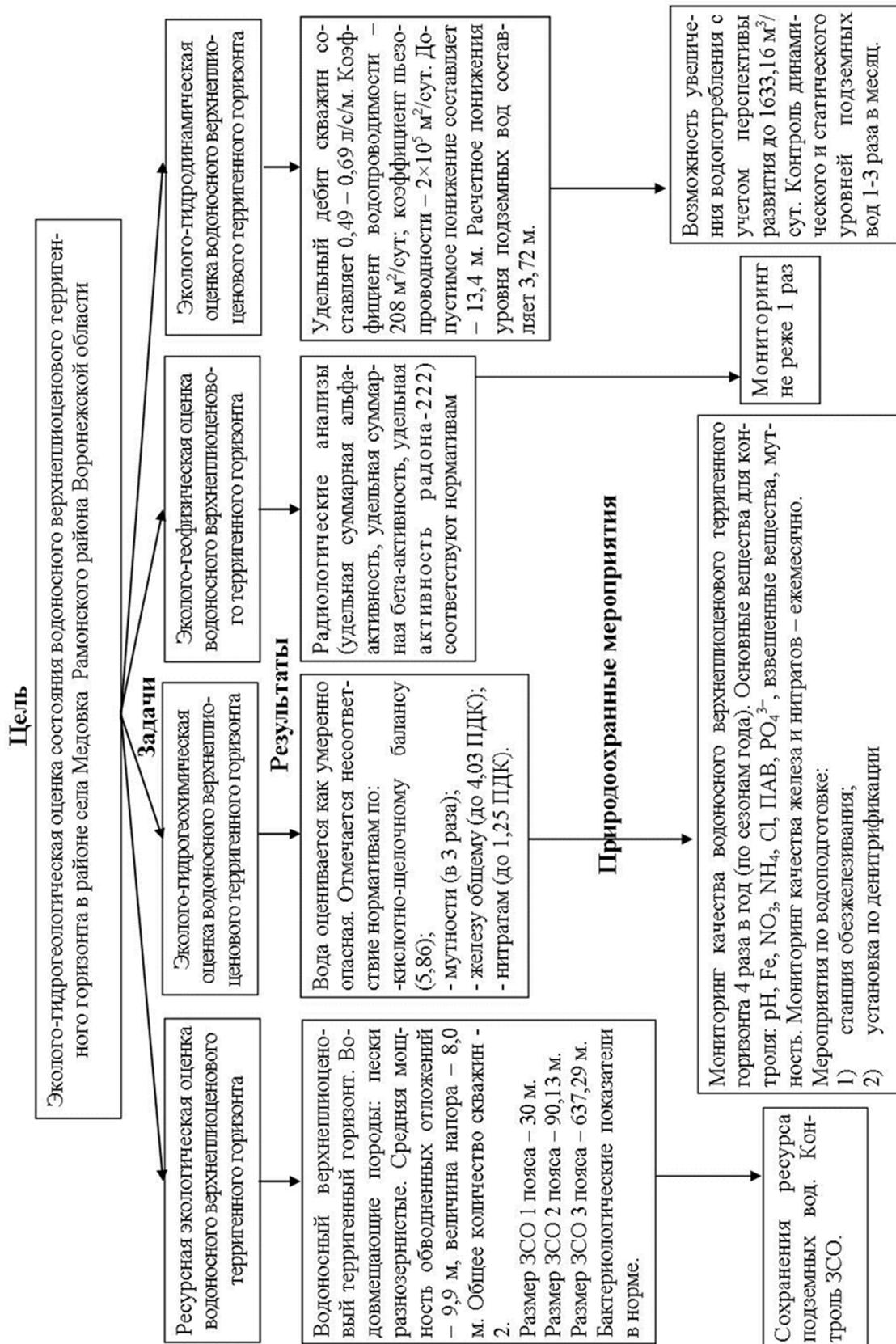


Рис. 7. Схема природоохранных мероприятий для водоносного верхнеплищцевого терригенного горизонт.

причин неравномерности развития циркументов на территории Воронежской антеклизы / И. И. Косинова, В. В. Ильяш, Д. В. Ильяш // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2013. – № 1. – С. 214–218.

7. Белицкий, А. С. Краткий справочник по проектированию и бурению скважин на воду 2-е издание/ А. С. Белицкий. – М., Недра, 1983 – 77 с.

8. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.1.4.1074.01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения. Контроль качества». – Госкомэпиднадзор России. – М. – 2002 г.

9. Косинова, И. И. Оценка загрязнения подземных вод син-

тетическими поверхностно-активными веществами в юго-восточной части Воронежа / И. И. Косинова, Д. А. Белозеров, В. В. Дорофеев // Инженерные изыскания: всероссийский научно-аналитический журнал. – Москва, 2017. – № 5. – С. 28–35.

10. Белозеров, Д. А. Микрокомпонентный анализ качества подземных вод южной части левого берега города Воронежа / Д. А. Белозеров // Вестник Воронеж. гос. ун-та. Сер.: Геология. – 2017. – № 1. – С. 130–134.

11. «Оценка эксплуатационных запасов питьевых и технических подземных вод по участкам недр, эксплуатируемым одиночными водозаборами», Методические рекомендации ГИДЭК, 2002.– 61 с.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»

Белозеров Денис Александрович, кандидат географических наук, доцент кафедры экологической геологии

E-mail: belozerovdenis@yandex.ru

Тел.: +7 (473) 220 82 89

Бударина Виктория Александровна, кандидат юридических наук, доцент кафедры экологической геологии

E-mail: budarinav@yandex.ru

Тел.: +7 (473) 220 82 89

Курьшев Александр Александрович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры экологической геологии

E-mail: kaa@geol.vsu.ru

Тел.: +7(473) 220 82 89

Voronezh State University

Belozerov D. A., Candidate of Geographical Sciences, Associate professor of Ecological Geology Department

E-mail: belozerovdenis@yandex.ru

Tel.: +7 (473) 220 82 89

Budarina V. A., Candidate of legal Sciences, Associate professor of Ecological Geology Department

E-mail: budarinav@yandex.ru

Tel.: +7 (473) 220 82 89

Kuryshv A. A., Candidate of Geological and Mineralogical Sciences, Associate professor of Ecological Geology Department

E-mail: kaa@geol.vsu.ru

Tel.: +7 (473) 220 82 89