

Геология, география и глобальная энергия. 2022. № 2 (85). С. 92–102.
Geology, Geography and Global Energy. 2022; 2(85):92–102 (In Russ.).

Научная статья
УДК 556.535.8
doi 10.54398/20776322_2022_2_92

ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД В НИЖНЕВОЛЖСКОМ РЕГИОНЕ¹¹

Морозова Лариса Александровна¹✉, Дымова Татьяна Владимировна²

^{1,2}Астраханский государственный университет, Астрахань, Россия

¹larisa.mor@bk.ru✉

²tdimova60@mail.ru

Аннотация. В статье приводится характеристика химического состава, распространения, условий залегания и хозяйственного использования эксплуатируемых и разведенных запасов подземных вод Астраханской области. Освещаются гидрогеологические параметры и источники загрязнения.

Ключевые слова: подземные воды, поверхностные воды, водоносные горизонты, минерализация, запасы, загрязнения

Для цитирования: Морозова Л. А., Дымова Т. В. Геоэкологическая характеристика подземных вод в Нижневолжском регионе // *Геология, география и глобальная энергия. 2022. № 2 (85). С. 92–102.* https://doi.org/10.54398/20776322_2022_2_92.

GEOECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF GROUNDWATER IN THE LOWER VOLGA REGION

Larisa A. Morozova¹✉, Tatiana V. Dymova²

^{1,2}Astrakhan State University, Astrakhan, Russia

¹larisa.mor@bk.ru✉

²tdimova60@mail.ru

Abstract. The article describes the chemical composition, distribution, conditions of occurrence and economic use of exploited and diluted groundwater reserves of the Astrakhan region. Hydrogeological parameters and sources of pollution are highlighted.

Keywords: groundwater, surface water, aquifers, mineralization, reserves, pollution

For citation: Morozova L.A., Dymova T.V. Geoecological characteristics of groundwater in the Lower Volga region. *Geology, Geography and Global Energy. 2022; 2(85):92–102.* https://doi.org/10.54398/20776322_2022_2_92.

Успешное развитие экономики страны, как и нормальная жизнедеятельность населения невозможны без наличия достаточного количества и качества пресной воды. Развитие различных отраслей хозяйства связано со стремительными темпами потребления воды. Одновременно увеличивается степень загрязнения вод, т.е. происходит их качественное истощение. Наиболее широко используются во всех областях деятельности речные воды, как более доступные, они же подвергаются в большей степени загрязнению и исчерпанию запасов качественной питьевой воды. Возникает необходимость пополнения ресурсов пресных вод за счет вовлечения в хозяйственный водооборот подземных вод. Подземные воды, как природный ресурс, в последнее время приобретают стратегическое значение как источник пресного

водоснабжения, а также гидроминерального сырья, используемого в промышленности и медицине. следовательно, проблемы распространения и экологического состояния подземных вод в настоящее время актуальны и требуют своего изучения.

Водные ресурсы региона слагаются из двух основных составляющих – поверхностного и подземного стока. Наиболее активно используются и подвергаются интенсивному антропогенному и техногенному воздействию поверхностные воды, представленные рекой Волгой с ее многочисленными рукавами и протоками. В балансе хозяйственно-питьевого водоснабжения Астраханской области доля подземных вод незначительна и составляет менее 0,4 %.

Подземные воды менее подвержены сезонным и суточным колебаниям объема, чем поверхностные, меньше загрязнены и пригодны для различных целей водопользования.

Астраханская область в гидрогеологическом отношении принадлежит к Каспийскому гидрогеологическому району Прикаспийского артезианского бассейна, кроме южной части западных подступных ильменей и юго-западной части дельты, которые относятся к Восточно-Предкавказскому артезианскому бассейну [3].

Прикаспийская впадина имеет подземные воды преимущественно застойного характера с высокой степенью минерализации (3–10 г/дм³ и более). Природно-климатические особенности области способствуют развитию процессов континентального засоления грунтов.

Подземные воды изучены неравномерно. Наиболее полно изучены неглубоко залегающие воды четвертичных отложений. Более глубоко залегающие водоносные горизонты изучены недостаточно. По имеющимся данным эти воды отличаются значительными напорами и высокой минерализацией.

На территории области выделяются: водоносный современный аллювиальный горизонт (Волго-Ахтубинская пойма); водоносный верхнехвалынский морской, современный аллювиальный, аллювиально-морской, озерный горизонт (дельта реки Волги и территория западных подступных ильменей); водоносный хазарский-хвалынский аллювиально-морской горизонт (полупустынная часть); относительно водоупорный Бакинский морской горизонт; водоносный апшеронский морской комплекс [7].

Подземные воды современных аллювиальных отложений Волго-Ахтубинской поймы используются для водоснабжения населения в северной части области. Суммарные запасы по аллювиальному водоносному горизонту составляют 1 807 тыс. м³/сут. Пресные и слабосоленоватые воды хазаро-хвалынских отложений используются в пустынной и полупустынной части территории области. Подземные воды Бакинских и апшеронских отложений используются для производственно-технического водоснабжения при бурении глубоких скважин на нефть и газ. В последние годы подземные воды апшеронских отложений используются в качестве минеральных вод. Подземные воды подразделяются на грунтовые и межпластовые. Грунтовые воды приурочены к первому от поверхности водоносному горизонту, расположенному на первом водоупорном слое и не перекрытому водонепроницаемыми породами. Водоносный горизонт представлен песками современного хвалынского и, на севере, хазарского возрастов. Глубина залегания грунтовых вод от нескольких метров до 20–50 м. Большой частью воды соленые. В то же время в районе озера Баскунчак хазарские воды пресные и являются источниками водоснабжения поселка Нижний Баскунчак.

Межпластовые воды находятся в водоносных слоях между пластами водоупорных пород. Этот тип подземных вод прослеживается в разновозрастных горных породах по всему геологическому разрезу, начиная с четвертичных отложений. Большой частью межпластовые воды характеризуются повышенной минерализацией и рекомендуются к использованию в лечебных целях [2, 3].

Водоносный современный аллювиальный горизонт распространен на территории Волго-Ахтубинской поймы. Водообильность водоносного горизонта характеризуется удельными дебитами от 0,01 до 3,5 л/с и более. Максимальные дебиты отмечены при взаимодействии аллювиальных вод с нижележащими водоносными горизонтами. Воды в основном пресные до 1,0 г/дм³, минерализация постепенно возрастает с севера на юг (2–3 г/дм³) и резко увеличивается в районе дельты р. Волги. Химический состав, соответственно, изменяется от гидрокарбонатного кальциевого до сульфатно-хлоридного натриево-магниевое.

По степени защищенности от загрязнения водоносный горизонт современных аллювиальных отложений относится к незащищенным – зона аэрации представлена песками, реже суглинками малой мощности (0,5–5,0 м). Грунтовые воды горизонта имеют тесную взаимосвязь с поверхностными водами. Грунтовые воды пригодны для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения, но используются они слабо, ввиду доступности речных вод.

Минерализация вод колеблется в пределах 3–15 г/дм³ в хвалынских отложениях, 0,5–10 г/дм³ в хазарских отложениях. Увеличение минерализации происходит с севера на юг. Химический состав изменяется от гидрокарбонатного кальциевого до хлоридного натриевого. По степени защищенности северная территория развития водоносного горизонта хазарских – хвалынских отложений относится к территории условно защищенной. Она получила широкое распространение в пределах Ахтубинского района, севернее с. Черный Яр и западнее сел Соленое Займище и Никольское в Черноярском районе. В этих районах происходит смена суглинистого разреза зоны аэрации на супесчано-суглинистый с уменьшением глубины залегания грунтовых вод до 12–15 м.

Вся остальная территория незащищенная. Разрез зоны аэрации представлен в основном современными золотыми песками. Грунтовые воды хазаро-хвалынских отложений залегают в правобережье на глубине до 12 м, в левобережье – 7 м.

По водоносному хазаро-хвалынскому аллювиально-морскому горизонту прогнозные эксплуатационные ресурсы подземных вод по площадному модулю для территории Ахтубинского района составляют 545 тыс. м³/сут. (220 тыс. м³/сут. до 1,0 г/дм³, 325 тыс. м³/сут. 1,0–3,0 г/дм³). В Ахтубинском районе детально разведано девять месторождений питьевых подземных вод, из которых освоено одно – Баскунчакское [6, 7].

Пресные и слабосоленоватые воды хазаро-хвалынских отложений используются на значительной территории Астраханской области для хозяйственно-питьевых целей населения и водопоя скота (рис. 1).

Основное количество ресурсов подземных вод сосредоточено в Ахтубинском районе – 606,65 тыс. м³/сут., с минерализацией до 1 г/дм³ – 219,68 тыс. м³/сут. Таким образом, район надежно обеспечен подземными водами, пригодными для целей хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Значительные ресурсы здесь позволяют организовать как централизованное, так и автономное водоснабжение на удаленных от поверхностных источников участках. Централизованное водоснабжение организовано лишь на Баскунчакском месторождении пресных вод для пос. Верхний Баскунчак и нужд железной дороги. Все остальные районы Астраханской области недостаточно обеспечены подземными водами для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

По состоянию на 2021 г. по предварительным данным государственного баланса запасов на территории Астраханской области разведано и оценено 9 месторождений (участков) питьевых и технических подземных вод с суммарными утвержденными балансовыми запасами 76,9 тыс. м³/сут. Забалансовые запасы питьевых подземных вод оценены по 14 месторождениям в количестве 136,8 тыс. м³/сут [5].

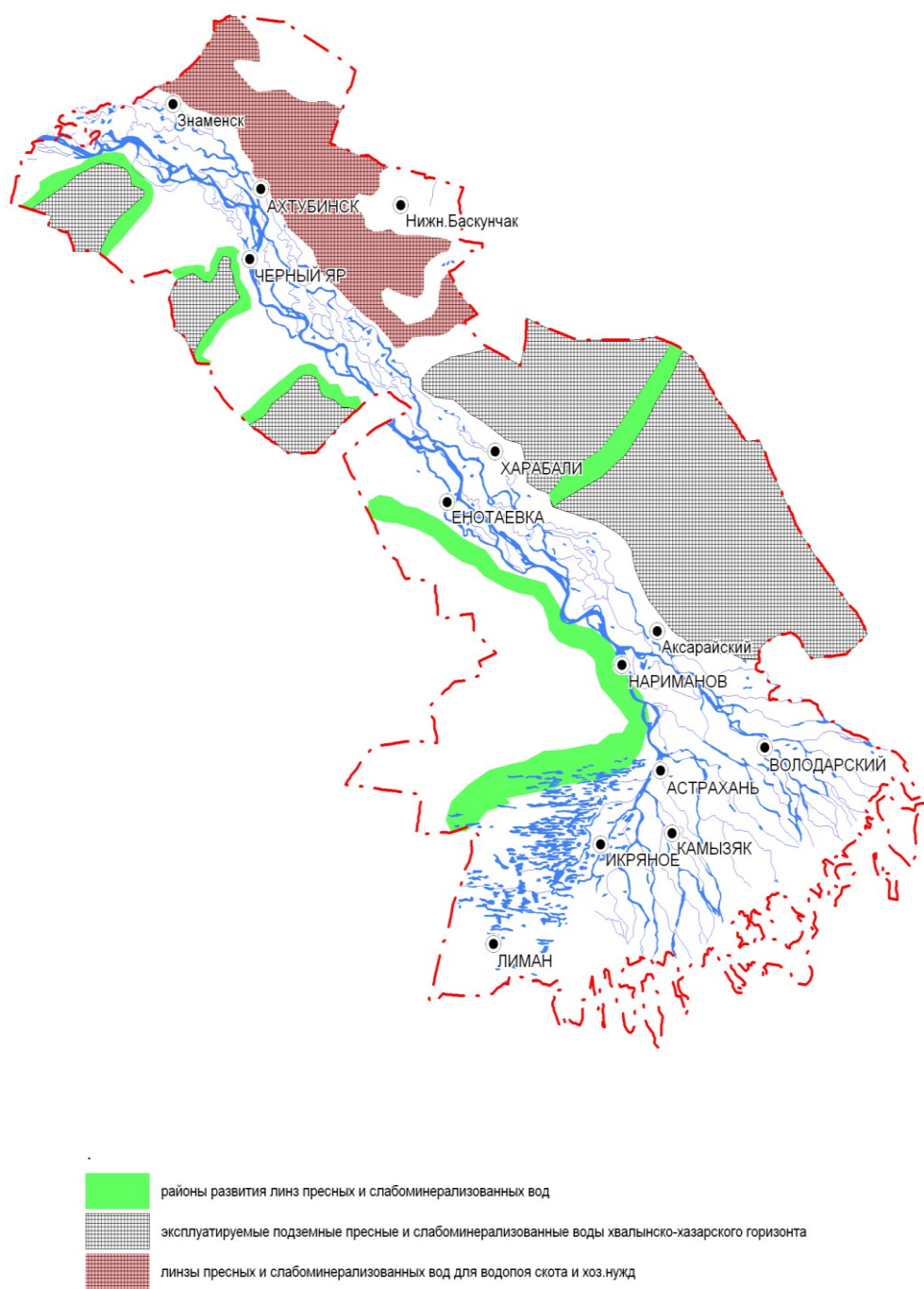


Рисунок 1 – Использование подземных вод Астраханской области [7]

На территории области пресные подземные воды сосредоточены в основном в Волго-Ахтубинской пойме и на севере степной части области, на остальной территории пресные подземные воды залегают в виде линз среди более минерализованных вод. На территории Ахтубинского района развит хазарско-хвалынский аллювиально-морской водоносный горизонт, содержащий основные запасы пресных подземных вод в северной части территории области. В связи с природными особенностями территории, подземные воды не соответствуют нормативным требованиям, предъявляемым к питьевым водам по минерализации, железу, марганцу, бору и натрию.

Участки с загрязненными подземными водами находятся в непосредственной близости от источников техногенного воздействия. Загрязнение ограничено локальными участками и постоянно во времени [6].

В пределах территории Астраханской области расположено большое количество промышленных предприятий газо- и нефтеперерабатывающих заводов, нефтепромыслов, полигонов ТБО, которые формируют в зонах своего влияния локальные участки загрязнения. Основная техногенная нагрузка приходится на воды голоценового и средневерхнеолейстоценового водоносных горизонтов, где фиксируются повышенные содержания нефтепродуктов (до 32 ПДК), ХПК (до 20 ПДК), окисляемости перманганатной (до 2 ПДК). Загрязнение подземных вод в основном приурочено к городам Астрахань, Ахтубинск, Ахтубинскому и Красноярскому районам. Ахтубинский район отличается интенсивной антропогенной нагрузкой, здесь находятся города областного подчинения Ахтубинск и Знаменск, военный полигон «Капустин Яр», крупный железнодорожный узел Верхний Баскунчак, солефабрика, гипсовый карьер ЗАО «Кнауф Гипс Баскунчак» со своей инфраструктурой и заводом. Загрязнение на территории Ахтубинского района ограничено локальными участками и постоянно во времени, в целом влияния на качество вод, эксплуатируемых для хозяйственно-питьевого водоснабжения, не выявлено.

Прогнозные ресурсы подземных вод Астраханской области составляют 1 300 тыс. м³/сут. (7,67 % общего объема прогнозных ресурсов подземных вод Южного федерального округа и 0,15 % – России).

Запасы подземных вод области на 1 января 2015 г. составляют 77,2 тыс. м³/сут., что соответствует степени изученности 5,94 % – минимальный показатель среди регионов федерального округа.

По данным на 1 января 2015 г. за год из подземных водных объектов Астраханской области добыто и извлечено 1,2 тыс. м³/сут., в том числе на месторождениях – 0,2 тыс. м³/сут. Степень освоения запасов подземных вод составляет 0,26 % – минимальный показатель среди регионов федерального округа [1].

Режим подземных вод зависит от природных, техногенных факторов, изменения условий поверхностного стока при вертикальной планировке территории, полива зеленых насаждений. При увеличении в зимний период сбросных расходов из вышележащих водохранилищ в реку Волгу до 9,0 тыс. м³/с отмечается подпор уровня подземных вод. Ширина зоны влияния паводкового уровня воды в реке на положение уровня грунтовых вод прилегающей территории составляет от 800 до 1 000 м.

Глубина залегания уровня подземных вод зависит от гипсометрического положения площадок и изменяется в пределах от 1,0 до 6,0 м. Более высокие отметки зеркала воды наблюдаются на застроенной территории города и в зоне расположения рыбоводных прудов, где отмечено формирование купола вод с выклиниванием в понижения вдоль автомобильной дороги Астрахань – Волгоград. Часть застраиваемой городской территории находится в зоне потенциальной подтопленности.

Основные характеристики и области распространения подземных вод на территории Астраханской области представлены на рисунке 2 [1]

Широкое распространение в области имеют минеральные воды, представляющие интерес для бальнеологических целей. В настоящее время разведаны и защищены запасы по таким месторождениям минеральных вод, как Тинакское, Харабалинское, «Кочевое», «Минерал», НПМК «Экологическая медицина» г. Астрахань, «Покровское» и поисково-разведочные работы продолжаются. Степень изученности гидроминеральных ресурсов остается слабой. В перспективе водоносные горизонты глубиной от 100 до 500 м представляют потенциальные источники минерализованной воды с различными свойствами. Подземные минерализованные воды могут использоваться как для бальнеопроцедур, так и для получения лечебно-столовых вод, что расширяет возможности их применения в профилактике и лечении различных заболеваний.

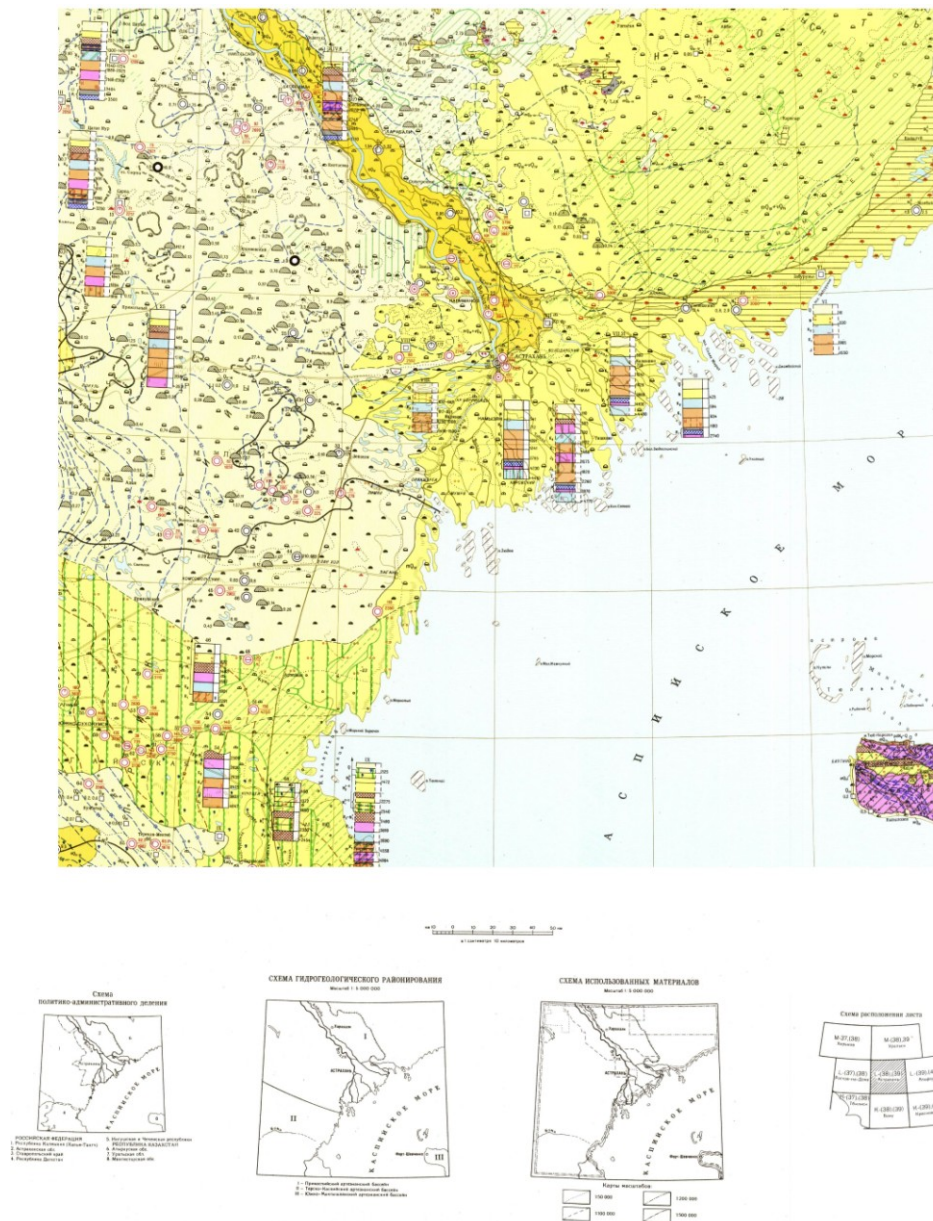


Рисунок 2 – Гидрогеологическая характеристика, химический состав и распространение подземных вод Нижневолжского региона

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

1. РАСПРОСТРАНЕНИЕ И ВОЗРАСТ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ. ЗОН ТРЕЩИНОВАТОСТИ (И ИХ КОМПЛЕКСОВ), ПРАКТИЧЕСКИ НЕВОДОНОСНЫХ ПОРОД

1. Границы первых от поверхности

а  водоносных пород: а) достоверные
 б  б) предполагаемые

 водопроницаемых, но сдвиганных пород – Nm+P; N¹⁺³

2. Водонасыщенные горизонты и их комплексы пластовых подземных вод, преимущественно в породах:


ПОРОВО-ПЛАСТОВЫЕ ВОДЫ

-  песчаных – $mQ_{в-н}; mQ_{в-н}+vQ_{н}; amQ_{в-н}; amQ_{в-н}; mQ_{1}; N_2; KdL \cdot s; N_1^{1-2}; N_1^{2+3}; N$
-  песчано-галечных – $aQ_{в-н}; aQ_{в-н}$
-  песчано-глинистых с подчиненным распространением других отложений – $LaQ_{в-н}; mQ_{в-н}; mQ_{в-н}$. (в колонках – Q)
-  песчано-глинисто-карбонатных – pdN_2-Q . (в колонках – P)

ПОРОВО-ТРЕЩИНО-ПЛАСТОВЫЕ ВОДЫ

-  песчаниках, местами с линзами и прослоями других терригенных пород (только в колонках – $K_1; J_2; J; T; P_2; P_1$)

ТРЕЩИНО-ПЛАСТОВЫЕ И КАРСТОВО-ПЛАСТОВЫЕ ВОДЫ

-  известняках (только в колонках – $K_2; C$)
-  карбонатных, чередующихся с терригенными – $N_1^{1+3}; P_1; P_2$. (в колонках – $P; J_2; J; P; C$)
-  галогенных – P_k . (в колонках – P_1)
-  водоносные горизонты и комплексы спорадического обводнения – N_2^3

3. Водонасыщенные зоны трещиноватости и их комплексы трещинно-жильных подземных вод, преимущественно в породах:




ТРЕЩИНО-КАРСТОВЫЕ И ПЛАСТОВО-ТРЕЩИННЫЕ ВОДЫ

-  терригенных и карбонатных – $P_1; P_2; T; J; K$

ТРЕЩИННЫЕ И ЖИЛЬНЫЕ ВОДЫ В ЗОНАХ ТЕКТОНИЧЕСКИХ РАЗЛОМОВ

-  по разломам, предположительно обводненным

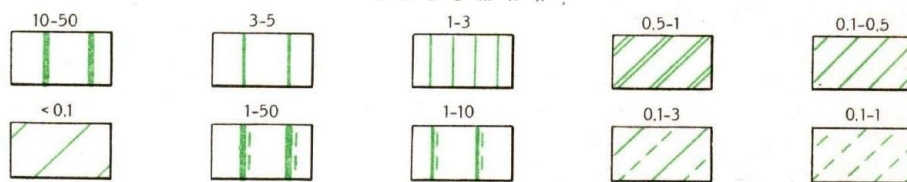
4. Неводонасыщенные породы

-  Водоупорные толщи, преимущественно глины (только в колонках – $N; N_1^{2+3}; P_2; N_1^1; P$)
-  Мощные пласты каменной соли (только в колонках – P_1)
-  Первый от поверхности водоносный комплекс (в знаменателе), залегающий под водоупорными породами (в числителе) – $\frac{P_1}{P_1; P_2}; KdL \cdot s$

II. ВОДОБИЛЬНОСТЬ ВОДОНОСНЫХ ГОРИЗОНТОВ,
 ЗОН ТРЕЩИНОВАТОСТИ И ИХ КОМПЛЕКСОВ

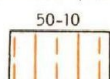
1. Преобладающий дебит (л/с)

с к в а ж и н



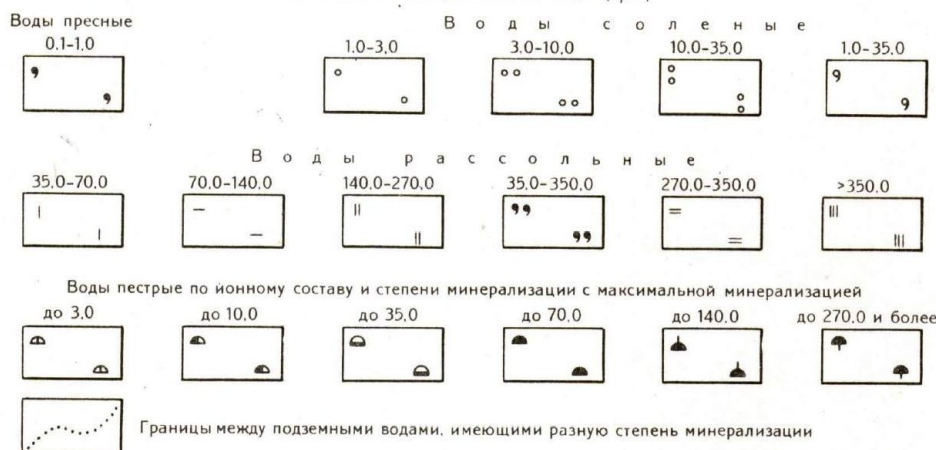
Границы участков с разной водообильностью

2. Преобладающая водопроницаемость ($\text{м}^2/\text{сут.}$)



III. СТЕПЕНЬ МИНЕРАЛИЗАЦИИ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПОДЗЕМНЫХ ВОД









1. Степень минерализации воды (г/кг)



2. Преобладающий анионный состав воды
 (цвет знаков, обозначающих степень минерализации воды)


 гидрокарбонатный  сульфатный  хлоридный  разный

IV. ТЕРМАЛЬНЫЕ И МИНЕРАЛЬНЫЕ ВОДЫ

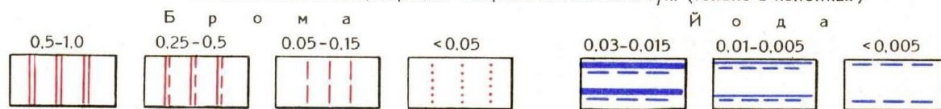
- | | | | |
|--|---|---|--------------------------|
| 1. Скважины с минеральной водой (холодной и термальной) | | 2. Основные типы минеральных лечебных вод | |
| 33 |  С холодной водой ($t < 20^\circ\text{C}$) |  | Сероводородно-углекислые |
| 43 |  С термальной водой ($t > 20^\circ\text{C}$) |  | Азотные |
| 17 |  При отсутствии конкретных сведений |  | Метановые |
| 33 | Номер скважины |  | Азотно-метановые |
| 18, 20 | Температура воды |  | Сероводородные |
| 225 | Глубина вскрытия (м) воды с указанной температурой | | |

Примечание. Все знаки, относящиеся к холодным водам, даются черным, относящиеся к термальным – красным цветом

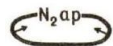
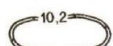
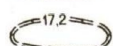

3. Озера с минеральной водой

- 2  Озеро с минеральной водой
- 2 Номер озера
- " Знак, указывающий на степень минерализации и анионный состав

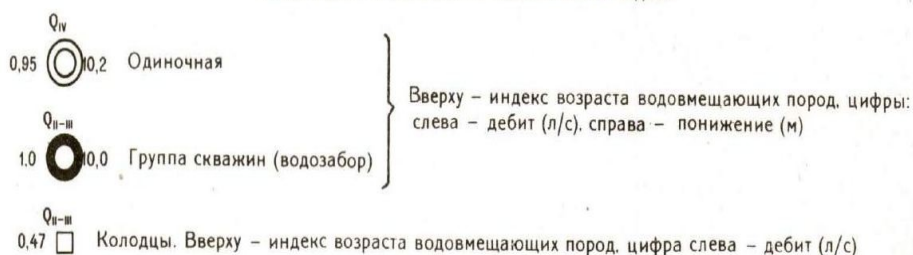
Максимальные концентрации микрокомпонентов в г/кг (только в колонках)



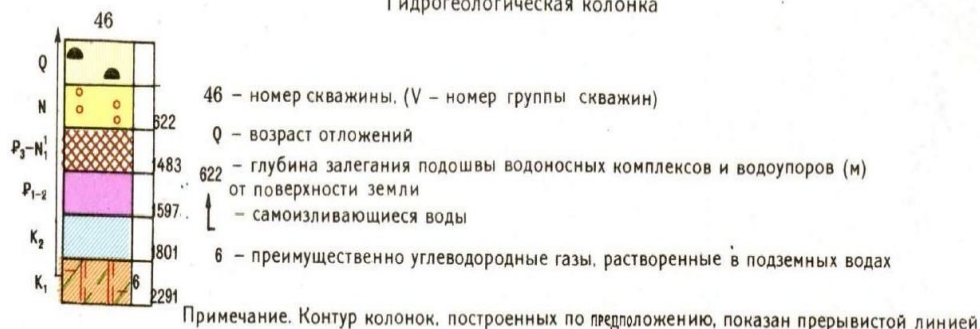
V. ПРОЧИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

-  Границы распространения самоизливающихся подземных вод
-  Линзы пресных и солоноватых подземных вод: цифра – геологические (объемные) запасы вод в линзе (млн.м³)
-  Площади скопления немасштабных линз пресных и солоноватых подземных вод: цифра – суммарные геологические (объемные) запасы вод в линзах (млн.м³)
-  Линзы пресных и солоноватых подземных вод, не выражаемые в масштабе карты: цифра – геологические (объемные) запасы вод в линзе (млн. м³)

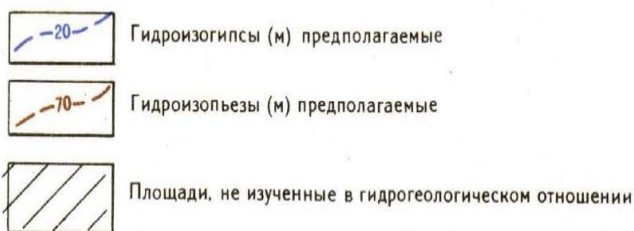
Скважины с питьевыми и техническими водами



Гидрогеологическая колонка



19 V Отдельная скважина (19), группа скважин (V), по которым построена колонка



Существует большое количество источников загрязнения подземных вод. В процессе фильтрации загрязняющие компоненты попадают с поверхности в грунтовые воды и могут распространяться на огромные расстояния. Необходимо отметить, что экологическое состояние подземных вод может оказаться более уязвимым, чем поверхностных, т.к. обнаружение факта их загрязнения возможно на более поздних стадиях процесса, когда последствия становятся необратимыми. Следовательно, для контроля состояния и оптимизации рационального использования ресурсов подземных вод, их изучение и применение современных методов мониторинга становятся актуальной задачей.

Список литературы

1. Государственное задание федерального агентства по недропользованию от 14.01.2021 г. № 049-00016-21-00 «Справка о состоянии и перспективах использования минерально-сырьевой базы астраханской области на 15.03.2021 г.». 2021. 9 с.
2. Гурьева М. С., Морозова Л. А., Бармин А. Н. Геоэкологические проблемы качества водных ресурсов Астраханской области и их рациональное использование: монография. Астрахань: Техноград, 2011. 155 с.
3. Государственный доклад об экологической обстановке в Астраханской области в 2012 году / под общ. ред. Ю. С. Чуйкова и др. Астрахань: Центр экологического образования населения Астраханской области, 2013. С. 23–29.

4. Корнев А. Н., Морозова Л. А. Проблемы загрязнения подземных вод Российской Федерации // *Естественные науки: актуальные вопросы и социальные вызовы: мат-лы Междунар. науч.-практич. конф. (27–28 ноября 2020 г.)*. Астрахань: Астраханский университет, 2020. С. 197–199.

5. Краткая информация о состоянии подземных вод в районе г. Астрахани. 2021. 6 с. URL: <http://geomonitoring.ru/>.

6. Морозова Л. А., Гурьева М. С. Факторы, определяющие качество водных ресурсов г. Астрахани // *Водные ресурсы Волги: настоящее и будущее, проблемы управления: мат-лы Всерос. науч.-практич. конф.* Астрахань: Астраханский университет, 2009. С. 179–181.

7. Морозова Л. А., Гурьева М. С., Бармин А. Н., Шабанов Д. И. Подземные воды как составляющая водноресурсного потенциала // *Геология, география и глобальная энергия*. 2012. № 1 (44). С. 165–170.

References

1. State Assignment of the Federal Agency for Subsoil Use No. 049-00016-21-00 dated 14.01.2021 "Certificate on the State and Prospects for the Use of the Mineral Resource Base of the Astrakhan Region for 15.03.2021.

2. Guryeva M. S., Morozova L. A., Barmin A. N. Geocological problems of the quality of water resources of the Astrakhan region and their rational use. Astrakhan: Technograd; 2011:155 p.

3. State report on the environmental situation in the Astrakhan region in 2012/under the general. Ed. by Yu. S. Chuikov et al. Astrakhan: Center for Environmental Education of the Population of the Astrakhan Region; 2013:23–29.

4. Kornev A. N., Morozova L. A. Problems of groundwater pollution of the Russian Federation. *Natural Sciences: Topical Issues and Social Challenges*. Astrakhan: Astrakhan University; 2020:197–199.

5. Summary of Groundwater Conditions in Astrakhan. 2021:6. Available at: <http://geomonitoring.ru/>.

6. Morozova L. A., Gurieva M. S. Factors determining the quality of water resources in Astrakhan. *Water resources of the Volga: present and future, management problems*. Astrakhan: Astrakhan University; 2009:179–181.

7. Morozova L. A., Gurieva M. S., Barmin A. N., Shabanov D. I. Groundwater as a component of the water resource potential. *Geology, Geography and Global Energy*. 2012; 1(44):165–170.

Информация об авторах

Морозова Л.А. – кандидат географических наук, доцент;

Дымова Т. В. – кандидат педагогических наук, доцент.

Information about the authors

L.A. Morozova – Candidate of Sciences (Geographical), Associate Professor;

Dymova T.V. – Candidate of Sciences (Pedagogical), Associate Professor.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 03.03.2022; одобрена после рецензирования 11.03.2022; принята к публикации 16.03.2022.

The article was submitted 03.03.2022; approved after reviewing 11.03.2022; accepted for publication 16.03.2022.