https://doi.org/10.55764/2957-9856/2026-3-36-53.33

МРНТИ 38.61.31
УДК 551.4:556.3:550.837.82

В. А. Смоляр[1], Д. К. Аденова*[2], А. М. Джабасов[3], Д. С. Сапаргалиев[4], С. Р. Тажиев[5]

[1] Д. г.-м. н., главный научный сотрудник (ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина», Алматы, Казахстан; *v_smolyar@mail.ru*)
[2 *] PhD, ведущий научный сотрудник (ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина», Алматы, Казахстан; ***adenovadinara@gmail.com***)
[3] К. г.-м. н., ведущий научный сотрудник (ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина», Алматы, Казахстан; *jabassov.abai@mail.ru*)
[4] PhD, заведующий лабораторией ресурсов подземных вод (ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина», Алматы, Казахстан; *rgzgroup1@gmail.com*)
[5] PhD, ведущий научный сотрудник (ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У. М. Ахмедсафина», Алматы, Казахстан; *sula_tashiev@mail.ru*)

УСЛОВИЯ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ ПОДЗЕМНЫМИ ВОДАМИ ПАСТБИЩНЫХ ТЕРРИТОРИЙ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА

Аннотация. Отражено научное обоснование и разработана карта условий обеспеченности подземными водами пастбищных территорий Северного Казахстана. На основе обобщения материалов гидрогеологических съемок и картографических источников проанализированы геолого-структурные, климатические и гидрогеологические факторы формирования ресурсов подземных вод, их качество и доступность. Приведена количественная оценка прогнозных и естественных ресурсов, а также эксплуатационных запасов с учетом минерализации и территориальной неравномерности их распределения. Разработанная карта отражает зоны различной минерализации подземных вод, ожидаемую производительность и преимущественные глубины эксплуатационных скважин, что дает возможность выбирать оптимальные решения для водообеспечения пастбищ и размещения водопойной инфраструктуры. Показано, что в Северном Казахстане пастбищные территории полностью обеспечены ресурсами пресных и слабосолоноватых вод в Павлодарской области, а в остальных областях – только на отдельных участках. Анализ состояния прогнозных и естественных ресурсов, а также эксплуатационных запасов подтверждает неравномерность их распределения по региону. Основные ресурсы пресных и слабо солоноватых подземных вод приурочены к Павлодарской области – 72,2%. Разработанная Карта условий обеспеченности подземными водами пастбищных территорий Северного Казахстана систематизирует сведения о минерализации, ожидаемых дебитах и преимущественных глубинах скважин, выделяет участки с ограничениями и тем самым обеспечивает пространственно-дифференцированное планирование водоснабжения пастбищ.

Ключевые слова: подземные воды, обводнение пастбищ, районирование, карта обеспеченности.

Введение. В Северном Казахстане пастбищные территории занимают значительные площади и играют ключевую роль в обеспечении кормовой базы животноводства. Вместе с тем их хозяйственное освоение существенно ограничено дефицитом поверхностных водных ресурсов, за исключением Павлодарской области, высокой межгодовой изменчивостью климатических условий и неравномерностью распределения водообеспечивающих факторов по территории [1-4].

В указанных природно-климатических условиях подземные воды нередко являются единственным устойчивым источником водоснабжения пастбищ, определяя возможности их обводнения, интенсивность использования угодий и уровень антропогенной нагрузки на природные

экосистемы [5, 6]. Надежность и доступность подземных вод во многом предопределяют пространственную структуру пастбищного пользования и перспективы развития животноводства в регионе [2, 7, 8].

Гидрогеологические условия Северного Казахстана отличаются значительной сложностью и неоднородностью, что обусловлено разнообразием геолого-структурных элементов, литологического состава водоносных комплексов, а также влиянием климатических и ландшафтных факторов. В условиях нарастающих климатических рисков [9], деградации поверхностных водных объектов и усиления водохозяйственной нагрузки возрастает необходимость комплексной оценки ресурсов подземных вод с учетом их качества, глубины залегания и эксплуатационных характеристик [10, 11].

Несмотря на наличие отдельных региональных и локальных исследований, вопросы комплексного районирования пастбищных территорий по условиям обеспеченности подземными водами, пригодными для обводнения, до настоящего времени остаются недостаточно систематизированными [12-15]. Отсутствие обобщенных оценок и картографических материалов затрудняет принятие научно обоснованных управленческих решений при планировании водоснабжения пастбищ и развитии инфраструктуры водопользования [16].

В связи с этим целью настоящего исследования являются обобщение и анализ гидрогеологических условий аридных и полуаридных территорий Северного Казахстана с последующим районированием пастбищ по степени обеспеченности подземными водами с учетом их ресурсного потенциала, минерализации и территориальной неравномерности распределения.

Материалы и методы исследования. К числу ключевых факторов, лежащих в основе обоснования и разработки районирования территории Северного Казахстана по условиям обеспеченности подземными водами для обводнения пастбищ, относится ресурсный потенциал подземных вод. Его оценка и основные характеристики рассмотрены в последующих разделах работы.

Северный Казахстан *(Акмолинская, Костанайская, Павлодарская и Северо-Казахстанская области)* располагается в аридной и полуаридной зонах. Большая часть территории региона относится к южной окраине Западно-Сибирской низменности. Несколько меньшую по площади занимает область северной половины Центрально-Казахстанского мелкосопочника. На юго-западе располагается северная часть Торгайской столовой равнины, а на западе – небольшая часть предгорий юго-восточного Урала (рисунки 1, 2).

Ресурсы поверхностных вод в средний по водности год составляют 33,58 км^3/год, располагаемые к использованию – 15 км^3/год; в маловодные годы – 18,33 км^3/год, располагаемые к использованию – 8,13 км^3/год [2, 8].

Важнейшей геолого-структурной особенностью региона, определяющей характер накопления, движения и разгрузки подземных вод, является наличие приподнятых горно-складчатых областей и примыкающих к ним прогибов скального фундамента, заполненных мощной толщей рыхлых мезозой-кайнозойских осадочных отложений. Основное гидрогеологическое отличие этих частей территории края заключается в том, что в горно-складчатых областях развиты в основном безнапорные трещинные, реже пластово-трещинные или трещинно-карстовые воды неглубокой циркуляции, а на равнинах широко распространены в основном пластово-поровые воды, горизонты которых разделены водоупорными толщами и образуют крупные артезианские бассейны (рисунки 1, 3) [2, 11].

В горно-складчатых областях Казахского нагорья и юго-восточной части Урала глубина циркуляции, водообильность, качество подземных вод и характер водообмена в основном контролируются рельефом территории, степенью трещиноватости пород и их выветрелостью. Глубина циркуляции, как правило, составляет 50-60, реже 100-150 м, по отдельным зонам нарушений она может быть еще больше. Наиболее водообильные участки приурочены к зонам тектонических нарушений, к участкам развития карста, а также к контактам интрузивных пород с другими породами. Пресные воды в основном тяготеют к выходам на дневную поверхность трещиноватых или закарстованных пород. На участках, где скальные породы перекрыты водонепроницаемыми отложениями коры выветривания, глинами палеогена, неогена и четвертичного возраста, воды, как правило, солоноватые и соленые [2].

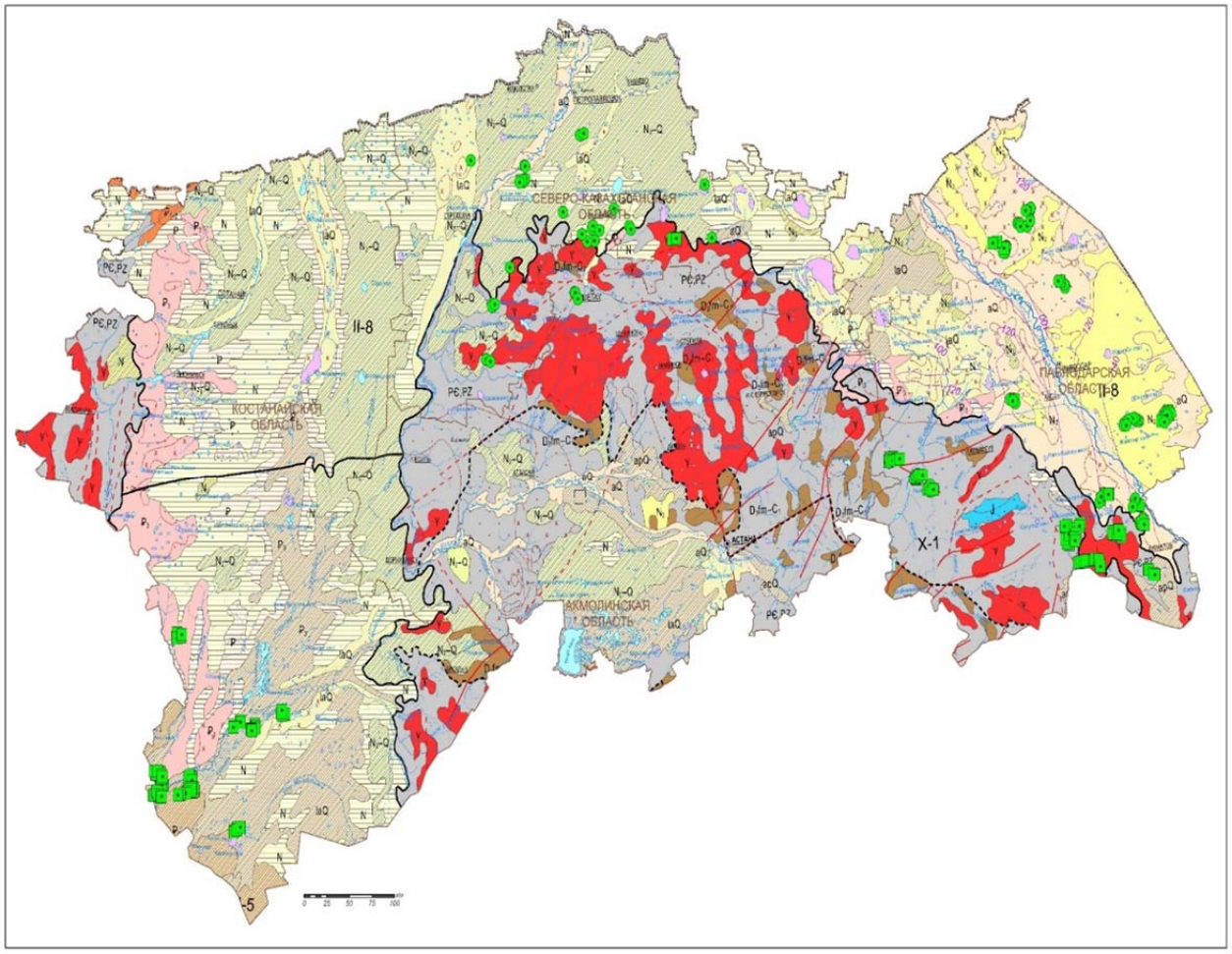


Рисунок 1 – Гидрогеологическая карта Северного Казахстана.
(Условные обозначения отображены к гидрогеологической карте на рисунке 2)

Figure 1 – Hydrogeological map of Northern Kazakhstan. (The legend for the hydrogeological map is shown in figure 2)

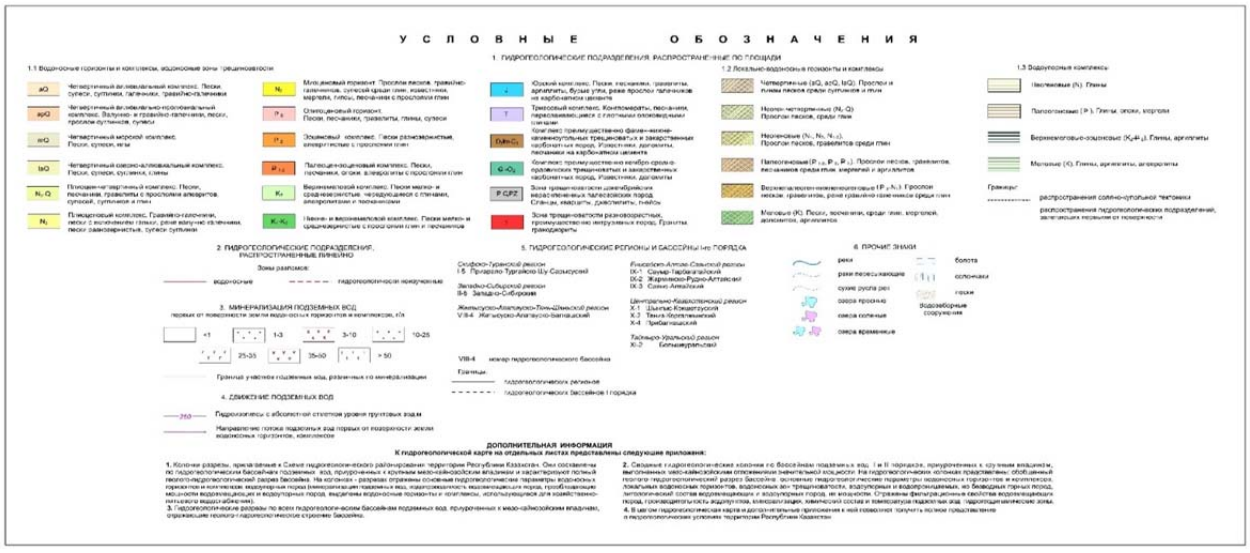


Рисунок 2 – Условные обозначения к Гидрогеологической карте Северного Казахстана

Figure 2 – Legend to the Hydrogeological Map of Northern Kazakhstan



Рисунок 3 – Карта гидрогеологического районирования Северного Казахстана

Figure 3 – Map of hydrogeological zoning of Northern Kazakhstan

Равнинные пространства Торгайской и Западно-Сибирской низменностей характеризуются развитием локальных артезианских бассейнов, осложнённых структурными поднятиями. Здесь, в мезозой-кайнозойских отложениях и породах складчатого фундамента распространен целый ряд водоносных горизонтов и комплексов, основными из которых являются выдержанные на больших площадях и разделенные водоупорными толщами водоносные горизонты мелового, эоценового и олигоценового возраста (см. рисунки 1, 3).

Прогнозные ресурсы подземных вод с минерализацией до 10 г/л составляют 266,13 м^3/с, в том числе с минерализацией, г/л: до 1,0 – 169,27; 1–30 – 61,38; 3–10 – 35,48. Пресные подземные воды занимают 63,6%, а слабосолоноватые с минерализацией 1-3 г/л – 23% от общих прогнозных ресурсов. Величина модуля прогнозных ресурсов с минерализацией до 1 г/л изменяется в Северном Казахстане от 0,01 л/с·км^2 (Северо-Казахстанская область) до 0,35 л/с·км^2 (Павлодарская область), составляя в среднем – 0,3 л/с·км^2. Естественные ресурсы равны 154,26 м^3/с, при модулях естественных ресурсов от 0,2 до 0,62 л/с·км^2, средней величине – 0,4 л/с·км^2. Общая величина эксплуатационных запасов – 71,13 м^3/с, с минерализацией до 1,0 г/л – 53,39 м^3/с. Модуль эксплуатационных запасов подземных вод с минерализацией до 1,0 г/л –0,09 л/с·км^2 (рисунки 4, 5) [7, 10].

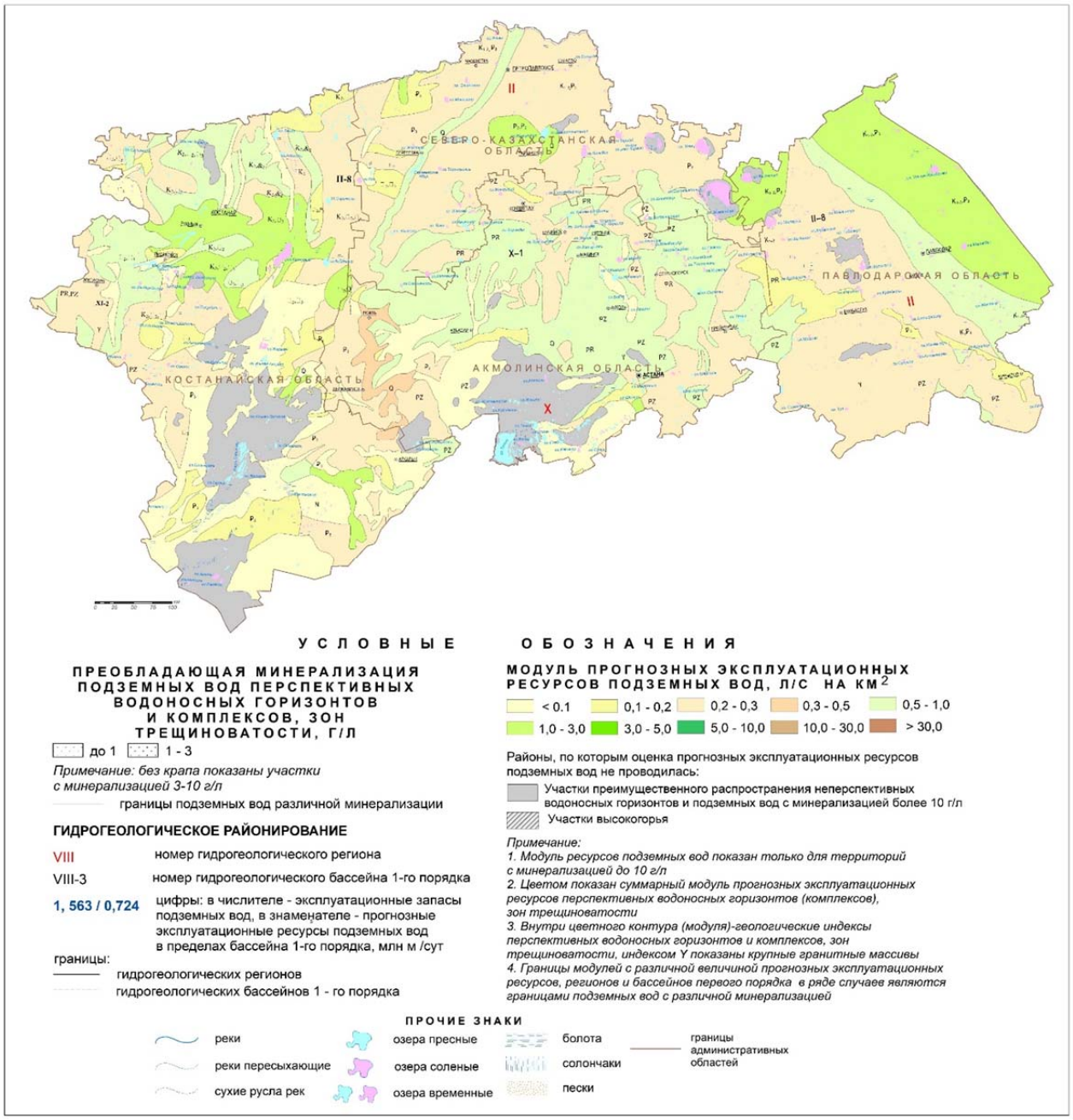


Рисунок 4 – Карта прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод Северного Казахстана

Figure 4 – Map of predicted exploitable groundwater resources in Northern Kazakhstan

Геолого-структурные особенности и физико-географические условия Северного Казахстана обусловили на большей части территории неблагоприятные условия для формирования значительных ресурсов подземных вод, особенно пресных, пригодных для питьевых целей. К тому же распределены они крайне неравномерно по площади. Основные ресурсы пресных и слабо солоноватых подземных вод приурочены к Западно-Сибирскому артезианскому бассейну (63,3%), что еще раз подчеркивает крайнюю неравномерность распространения пресных подземных вод в Северном Казахстане.

Акмолинская область расположена в южной части Северного Казахстана в пределах Казахского мелкосопочника и Тенизской впадины.

Область бедна ресурсами поверхностных вод и занимает одно из последних мест в республике по их наличию. Среднегодовой сток бассейна всех рек оценивается в 2,21 км^3/год, располагаемый к

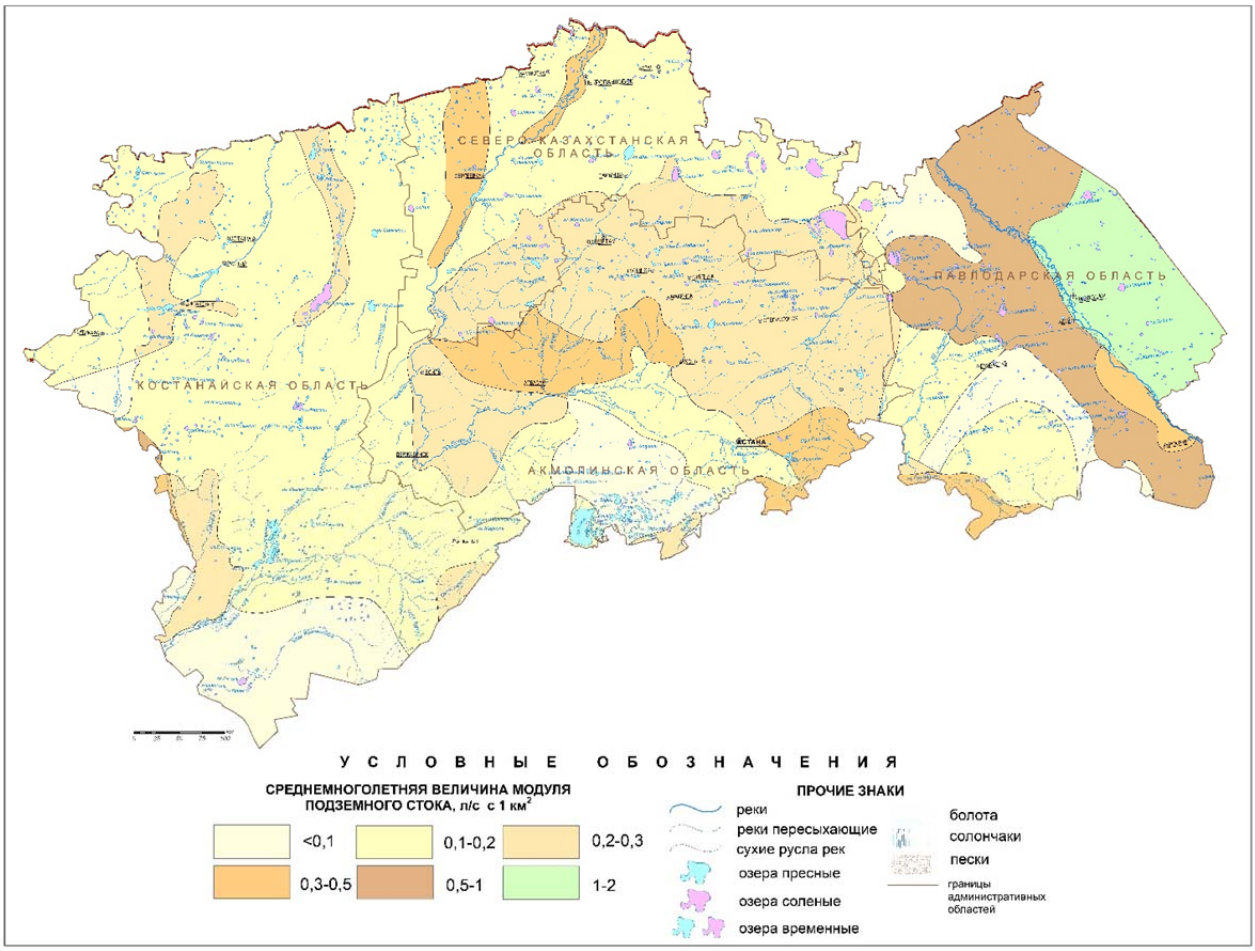


Рисунок 5 – Карта естественных ресурсов подземных вод Северного Казахстана

Figure 5 – Map of natural groundwater resources in Northern Kazakhstan

использованию – 1,14 км^3/год; в маловодный период – 0,20 км^3/год, располагаемый к использованию – 0,31 км^3/год. На 1 км^2 площади в средний по водности год приходится 7,8 тыс. м^3/год располагаемых к использованию ресурсов поверхностных вод, а в маловодные годы – 2,1 тыс. м^3/год [2, 11].

Область занимает северную часть Центрально-Казахстанского мелкосопочника. Почти вся ее территория относится к Шынгыс-Кокшетаускому (Х-1) и Тениз-Кургалжынскому (Х-2) бассейнам I порядка. В их составе гидрогеологические районы II порядка: на севере и востоке Кокшетау-Баянаульский (Х-1Б), в южной части Тенизский (Х-2А). Северо-восточная часть относится к Нижневартовско-Петропавловскому (II-8А), крайняя западная – к Торгайскому (I-5Б). Гидрогеологические условия области отличаются сложностью и значительной изменчивостью по площади как обводненности пород, так и химического состава подземных вод.

Наиболее перспективны для практического использования подземные воды карбонатных структур девона-карбона (Богембайская, Тамсорская, Коржынкольская, Акмолинская, Желболдинская, Яблоновская, Рождественская и другие мульды) с глубиной залегания уровня подземных вод 5-50 м и дебитами эксплуатационных скважин от 1 до 30 л/с; минерализация подземных вод в краевых частях мульд до 1, реже 1,5-2,0 г/л, в центральных частях структур она повышается до 20 г/л; подземные воды интрузивных пород залегают на глубинах до 100 м, дебиты скважин изменяются от 0,2 до 2-5 л/с; воды пресные, иногда слабосолоноватые; подземные воды аллювиальных отложений современных и древних долин рек Есиль, Нура, Терсакан, Силеты и других, более мелких, залегают на глубинах до 5 м, а в древней долине р. Терсакан – до 33 м; дебиты скважин от 0,3-3,0 до 5-10 л/с; минерализация подземных вод изменяется от 0,5 до 2 г/л; подземные

воды песков эоцена в Тениз-Кургалжынском бассейне залегают на глубинах от 1-2 до 20-50 м, дебиты скважин 0,3-0,5 л/с; воды пресные, солоноватые и соленые.

Общая величина прогнозных ресурсов подземных вод незначительна. всего – 41,39 $м^3$/с, в том числе 30,97 $м^3$/с приходится на воды с минерализацией до 1 г/л, 8,94 $м^3$/с – на воды с минерализацией 1-3 г/л и 1,48 $м^3$/с – на воды с минерализацией 3-10 г/л. Доля пресных вод составляет 74,8%, а слабосолоноватых – 21,6% от общей величины прогнозных ресурсов по области. На 1 $км^2$ территории приходится 0,21 л/с прогнозных ресурсов подземных вод с минерализацией до 1,0 г/л, что свидетельствует о недостаточно устойчивом ресурсном потенциале пресных подземных вод. Тем более что внутреннее распределение ресурсов по площади заметно варьирует в зависимости от литолого-структурных условий. Естественные ресурсы подземных вод оцениваются в 30,33 $м^3$/с при среднем модуле 0,21 л/с·$км^2$. На большей части территории модули составляют 0,2-0,3 л/с·$км^2$. В карбонатных карстовых мульдах и гранитных массивах с открытой трещиноватостью модуль увеличивается до 0,3-0,5 л/с·$км^2$. Наименьшие значения характерны для Тенизской впадины, где они снижаются до менее 0,1-0,2 л/с·$км^2$. Значительная пространственная неоднородность распространения ресурсов по площади тесно связана с геолого-гидрогеологическим строением территории. Эксплуатационные запасы подземных вод сравнительно невелики – 5,86 $м^3$/с, в том числе с минерализацией до 1,0 г/л – 2,63 $м^3$/с. На 1 $км^2$ приходится 0,02 л/с эксплуатационных запасов подземных вод с минерализацией до 1,0 г/л. В то же время преобладание в ресурсном балансе области прогнозных ресурсов пресных подземных вод дает некоторую возможность для локального и регионального использования подземных вод для различных целей, прежде всего в наиболее благоприятных структурных зонах [2, 7, 10].

Вследствие неблагоприятных гидрогеологических условий ресурсы подземных вод области ограничены. При этом отмечаются крайне неравномерное их распространение и ограниченная возможность их водоотбора, особенно для централизованного водоснабжения. Относительно обеспеченными подземными водами можно считать северо-западные и юго-восточные районы, а также отдельные площади, приуроченные к речным долинам на юге области. На остальной территории, особенно западной и центральной (Тениз-Коргалжынский гидрогеологический район), пресных и слабосолоноватых подземных вод практически нет. В целом по области обеспеченные в той или иной мере пресными подземными водами территории в общем балансе не превышают 50%.

Южная и центральная части Тениз-Коргалжынского гидрогеологического района относятся к территориям, которые не обеспечены подземными водами. Обводнение района может осуществляться системой централизованных водозаборов за счет перспективных участков, расположенных на левобережье р. Есиль (от устья р. Жабай до пос. Косбармак). Как показали результаты проведенных гидрогеологических исследований, наиболее обводненными являются долины рек Жиландинка, Жабай, Саркома, Аршалы, Миялды и Есиль. Представляющие практический интерес пресные и слабосолоноватые подземные воды тяготеют к карбоновым мульдам и грабен-синклиналям, а также к зонам трещиноватости и тектонических нарушений.

В целом в области не отмечено влияния климатических изменений на величины ресурсов подземных вод.

Костанайская область расположена в северной части республики. Она области характеризуется относительно равнинным рельефом.

Она относится к регионам, испытывающим дефицит в источниках хозяйственно-питьевого водоснабжения. Среднегодовой сток бассейна всех рек оценивается в 1,54 $км^3$/год, располагаемый к использованию – 0,7 $км^3$/год; в маловодный период – 0,26 $км^3$/год, располагаемый к использованию – 0,19 $км^3$/год. На 1 $км^2$ площади в средний по водности год приходится 3,6 тыс. $м^3$/год располагаемых к использованию ресурсов поверхностных вод, а в маловодные годы – 1,0 тыс. $м^3$/год [2, 11].

Область располагается в основном в двух гидрогеологических бассейнах: Торгайском и Нижневартовско-Петропавловском. На северо-западе в область заходит восточная окраина Большеуральского бассейна, а на юго-западе – Центрально-Казахстанского. Территория характеризуется сложными природными условиями, значительно влияющими на формирование подземных вод, пригодных для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Наибольшее значение имеют следующие водоносные горизонты [2, 7, 10]:

1. Водоносный горизонт аллювиальных четвертичных отложений долин рек Тобыл, Аят, Тогуз, Обаган, Торгай и др. Водовмещающие породы – песчано-гравийные отложения, разнозернистые пески, супеси мощностью от 2-5 до 10-40 м. Воды пресные и слабосолоноватые с минерализацией от 0,1 до 1,5-3 г/л. Дебиты скважин изменяются от 0,5-1,5 до 10-30 л/с.

2. Водоносные горизонты верхне-олигоценовых песков и алевролитов, верхнеплиоцен-четвертичных песчано-глинистых осадков и четвертичных аллювиальных отложений в пределах междуречных пространств долин рек Тогузак, Тобыл, Обаган, Есиль. Мощность водоносных отложений в долинах рек не превышает 10-13 м, а в междуречьях увеличивается до 20-35 м. Безнапорные и слабо напорные воды залегают на глубине 2-18 м. Дебиты скважин могут достигать 6,2-1,5 л/с, но преимущественно составляют 0,1-3,5 л/с. В западной части территории развиты пресные воды. В центральных частях междуречий преобладают солоноватые воды, а на Обаган-Есильском междуречье – сильно солоноватые.

3. Водоносный среде-верхнеолигоценовых отложений, особенно в местах, тяготеющих к областям питания (Восточное Приуралье и Центрально-Казахстанский мелкосопочник) и погребенных долин (Лисаковской, Шиелинской и др.). Водовмещающие породы – разнозернистые кварцевые пески. Мощность отложений изменяется от 2-5 до 35-42 м, глубина их залегания – от 0,5 до 12,5 м. Производительность скважин – от 0,1 до 4,5 л/с. Воды пресные и слабосолоноватые.

4. Водоносный комплекс меловых отложений основное питание получает на придолинных участках Тобыла, Аята, Тогузака и в локально опреснённых зонах на междуречьях Тогузак–Тобыла и Тобыл–Обагана, а также на участках выхода меловых отложений на поверхность или их неглубокого залегания, прилегающих к предгорным зонам Южных и Юго-Восточных Мугоджар и Шошкольского кряжа на юго-западе и Улытауских гор на востоке и юго-востоке. Здесь формируются пресные и слабосолоноватые подземные воды меловых отложений с минерализацией до 1,0 г/л, местами до 3 г/л. Дебиты скважин изменяются от 1-2 до 10-15 л/с, на Тобыл-Обаганском участке – от 5-7 до 10-60 л/с. При погружении в меловых отложениях создаётся замедленный водообмен и отмечается рост минерализации подземных вод.

5. Подземные воды зоны трещиноватости вулканогенных, интрузивных, метаморфических и эффузивно-осадочных пород Восточного Приуралья и левобережья р. Тобыл в пределах Казахского мелкосопочника в юго-восточной части области, залегающие на глубине 5-10 м, реже 50 м. Производительность скважин – 0,3-4,8 л/с, в зонах тектонических нарушений иногда повышается до 5 л/с, реже до 20 л/с. Подземные воды пресные и слабосолоноватые, а на отдельных участках сильно солоноватые.

Прогнозные ресурсы подземных вод достигают 55,28 $м^3$/с, в том числе Костанайская область отличается менее благоприятной структурой прогнозных ресурсов подземных вод по сравнению с другими областями Северного Казахстана. Общая величина прогнозных ресурсов составляет 55,28 $м^3$/с, в том числе на пресные воды приходится 12,03 $м^3$/с, на воды с минерализацией 1-3 г/л – 21,66 $м^3$/с, а на воды с минерализацией 3-10 г/л – 21,60 $м^3$/с. Тем самым доля пресных вод составляет лишь 21,7%, тогда как слабо солоноватые воды занимают 39,2%, а объём более минерализованных вод почти сопоставим с ними (39,1 $м^3$/с). Это подчеркивает ограниченную обеспеченность области пресными и слабосолоноватыми подземными водами. На 1 $км^2$ территории приходится 0,06 л/с прогнозных ресурсов пресных подземных вод, что является сравнительно низким показателем. Естественные ресурсы подземных вод оцениваются в 28,14 $м^3$/с при среднем модуле 0,14 л/с·$км^2$. На большей части территории модули естественных ресурсов изменяются от 0,1 до 0,2 л/с·$км^2$. В районе долины р. Обаган и на территории Зауральского плато они возрастают до 0,2-0,3 л/с·$км^2$. Наименее обеспеченными являются участки бассейнов озёр Акколь и Карасор, где значения модуля составляют менее 0,1 л/с·$км^2$. В целом Костанайская область характеризуется сравнительно ограниченными ресурсами пресных подземных вод и преобладанием слабосолоноватых и более минерализованных вод. Это определяет необходимость особенно тщательной оценки качества вод при их использовании для питьевых целей, орошения и обводнения пастбищ и др. [7, 11].

Существующее водоснабжение базируется как на поверхностных, так и на подземных водах. Для крупного водоснабжения используются в основном поверхностные воды р. Тобыл и ее притоков, где построен каскад водохранилищ. Подземные воды, несмотря на значительную

величину разведанных запасов, используются в основном для мелких водопотребителей, преимущественно сельских населенных пунктов [17].

Обеспеченность пресными подземными водами области крайне неравномерна. Наиболее благополучное положение сложилось в северо-западной, центральной и юго-западной частях области. Сюда входят административные районы: Карабалыкский, южная часть Федоровского и Мендыкаринского, Костанайский, Тарановский, Камыстинский. В восточных районах области – Узынкольском, Алтынсаринском, Карасуском, пригодных для хозяйственно-питьевого водоснабжения, подземных вод практически нет или они встречаются в крайне ограниченном количестве. Здесь основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения являются поверхностные воды, подаваемые по разветвленной сети трубопроводов. На остальной части области подземные воды с невысокой минерализацией распространены практически повсеместно, но их ресурсы сравнительно невелики и зачастую не могут обеспечить водой крупных водопотребителей, таких, как города и промышленные предприятия. Значительные ресурсы подземных вод встречаются на небольших площадях с уже разведанными запасами.

Павлодарская область располагается в зоне сочленения Центрально-Казахстанского мелкосопочника и Западно-Сибирской низменности. Река Ертис разделяет область на две неравные части – левобережную и правобережную, с различными как геолого-структурными, так и гидрогеологическими условиями. Среднегодовой сток бассейна всех рек оценивается в 29,12 км^3/год, располагаемый к использованию – 12,8 км^3/год; в маловодный период – 17,56 км^3/год, располагаемый к использованию – 7,53 км^3/год. На 1 км^2 площади в средний по водности год приходится 100,4 тыс. м^3/год располагаемых к использованию ресурсов поверхностных вод, а в маловодные годы – 59,3 тыс. м^3/год [11, 2].

Северная и восточная территории области расположена в Нижневартовско-Петропавловском бассейне порово-пластовых подземных вод II порядка, входящего в состав Западно-Сибирского бассейна I порядка. С юго-запада к нему примыкает меньшая по площади часть Шынгыс-Кокшетауского бассейна трещинных подземных вод I порядка (Центрально-Казахстанский регион). На юге-юго-востоке располагается Жарминский бассейн трещинных вод II порядка, входящий в состав Жармино-Рудно-Алтайского бассейна (Енисей-Саяно-Алтайский регион). Расположение в области различных гидрогеологических структур, значительно отличающихся друг от друга условиями формирования и распространения подземных вод, обусловили сложные гидрогеологические условия (см. рисунок 3).

Основные ресурсы пресных и слабосолоноватых подземных вод приурочены в основном к отложениям мезозой-кайнозоя. Палеозойские образования отличаются более сложными гидрогеологическими условиями и сравнительно невысокой водообильностью пород. За их счет осуществляется водоснабжение только небольших населенных пунктов.

Наиболее благоприятные гидрогеологические условия для формирования пресных и слабо солоноватых подземных вод в области свойственны правобережной зоне, где широко распространены водоносные горизонты и комплексы, тяготеющие к неогеновым, палеогеновым и меловым отложениям. Левобережье характеризуется менее благоприятными гидрогеологическими условиями в связи с широким развитием здесь комплекса палеозойских образований и удаленностью области питания подземных вод осадочного чехла. В области имеется ряд водоносных горизонтов и комплексов, содержащих пресные и слабо солоноватые подземные воды. К ним относятся [7, 11]: водоносные горизонты аллювиальных четвертичных отложений поймы и надпойменных террас р. Ертис с глубиной залегания подземных вод от 2-5 до 50 м и дебитами скважин до 20 л/с, воды преимущественно пресные, реже слабо солоноватые; водоносный комплекс палеоген-неогеновых отложений, распространенный в Павлодарском Приертисье, глубина залегания подземных вод от 30-40 до 60-80 м, мощность до 10 м; дебиты скважин (0,5 -1, 3-5, реже 10 л/с); водоносный комплекс меловых отложений, содержащий высоконапорные подземные воды, которые вскрываются на глубине от 30 до 500-800 м при мощности водовмещающих пород от 20-40 до 200-250 м, пьезометрические уровни устанавливаются на 20-30 м выше поверхности земли, дебиты скважин изменяются от 5-10 до 15-20, реже 30-60 л/с, воды пресные и слабо солоноватые; подземные воды зоны трещиноватости протерозойских и палеозойских метаморфизованных, а также интрузивных пород, глубина залегания подземных вод от 1,5 до 50 м, дебиты скважин 0,5-1,5 л/с, а в зонах тектонических нарушений – 4 л/с; трещинно-карстовые подземные воды, установ-

ленные в мульдах, сложенных карбонатными породами, мощность водоносной зоны от 40-50 до 80-120 м, дебиты скважин от 0,5-0,7 до 15-20 л/с, воды солоноватые с минерализацией до 1,8 г/л.

Павлодарская область занимает ведущее положение в Северном Казахстане по обеспеченности пресными подземными водами. Прогнозные ресурсы подземных вод достигают 137,07 $м^3$/с, из которых 122,21 $м^3$/с, или 89%, представлены водами с минерализацией до 1 г/л. На долю слабосолоноватых вод приходится 14,67 $м^3$/с, или 10,6%, тогда как воды с минерализацией 3-10 г/л здесь незначительно распространены. Высокая доля пресных вод сочетается с крупными удельными показателями обеспеченности территории: на 1 км² приходится 0,97 л/с прогнозных ресурсов подземных вод с минерализацией до 1 г/л. Это позволяет отнести область к числу наиболее благоприятных в северном регионе с точки зрения использования подземных вод для водоснабжения, орошения и обводнения пастбищ. Естественные ресурсы подземных вод оцениваются в 76,62 $м^3$/с при среднем модуле 0,62 л/с·$км^2$. По левобережью долины р. Ертис значения модулей составляют 0,5-1,0 л/с·$км^2$, а в центральной части правобережья увеличиваются до 1,0-2,0 л/с·$км^2$. Наименее обеспеченной является юго-западная часть области, где модуль снижается до менее 0,1-0,2 л/с·$км^2$. Эксплуатационные запасы подземных вод составляют 45,90 $м^3$/с, из которых 42,70 $м^3$/с представлены пресными водами. На 1 $км^2$ приходится 0,34 л/с эксплуатационных запасов подземных вод с минерализацией до 1 г/л. В целом Павлодарская область отличается весьма благоприятным сочетанием объёма, качества и степени освоенности подземных водных ресурсов [7].

Значительная территория правобережной части области отличается довольно благоприятными гидрогеологическими условиями с широким распространением защищенных от источников поверхностного загрязнения подземных вод, пригодных для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Здесь функционирует множество эксплуатационных скважин различного назначения с суммарной производительностью около 100 тыс. $м^3$/сут. Более 100 населенных пунктов имеет централизованное водоснабжение. Между тем в левобережной части области значительную площадь занимают участки с распространением минерализованных подземных вод [10].

Северо-Казахстанская область занимает южную окраину Западно-Сибирской низменности и северную краевую зону Центрально-Казахстанского мелкосопочника.

Среднегодовой сток бассейна всех рек оценивается в 1,02 $км^3$/год, располагаемый к использованию – 0,36 $км^3$/год; в маловодный период – 0,31 $км^3$/год, располагаемый к использованию – 0,10 $км^3$/год. На 1 $км^2$ площади в средний по водности год приходится 3,3 тыс. $м^3$/год располагаемых к использованию ресурсов поверхностных вод, а в маловодные годы – 0,90 тыс. $м^3$/год [7, 2].

Северная часть области располагается в Нижневартовско-Петропавловском бассейне II порядка, входящем в состав Западно-Сибирского артезианского бассейна I порядка. Южная часть области приурочена к северо-западной окраине Центрально-Казахстанского гидрогеологического региона – Шынгыс-Кокшетаускому бассейну трещинных подземных вод I порядка, в котором в области выделяются Чистопольский, Кокшетауский, Баянаульский и Коксенгирсорский бассейны трещинных вод II порядка.

Первый район представлен переслаивающимися песчано-глинистыми отложениями, мощность которых увеличивается на север и северо-восток до 1300 м, а также несколькими водоносных горизонтами и комплексами в разрезе. Здесь четко выделяются два гидрогеологических этажа, разделенных между собой региональным водоупором – морскими глинами верхнего эоцена–нижнего олигоцена. Верхний этаж выполнен водоносными горизонтами и комплексами неоген-четвертичных отложений и характеризуется наличием подземных вод напорно-безнапорного типа, подверженных влиянию климатических факторов. Воды нижнего этажа эоценовых, меловых, палеозойских и допалеозойских образований имеют напорный характер. Во втором и третьем районах распространены преимущественно палеозойские скальные породы, к которым тяготеют подземные воды трещинного типа. Рыхлые отложения кайнозойских и мезозойских пород приурочены к пониженным участкам в рельефе, а также к древним и современным долинам рек.

В целом сложившиеся в области гидрогеологические условия не предполагают наличия значительных по величине запасов подземных вод, пригодных по качеству для хозяйственно-питьевого водоснабжения населения.

Основными водоносными горизонтами и комплексами, представляющими наибольший практический интерес как источники ХПВ, являются водоносные горизонты четвертичных и

неоген-четвертичных отложений; водоносный комплекс олигоценовых отложений; водоносные комплексы эоценовых отложений; водоносный комплекс меловых отложений; подземные воды зон трещиноватости, различных по возрасту и литологии пород [7, 10].

В бассейнах трещинных вод, слагающих Боровской, Зерендинский, Макинский и другие массивы интрузивных пород, глубина залегания подземных вод изменяется от 0 до 30 м, мощность обводненной зоны составляет 20-50 м. Дебиты скважин достигают 10 л/с, расходы родников – 1-3 л/с. Воды преимущественно пресные. Эффузивные и метаморфические комплексы горных пород имеют меньшую степень водообильности. Дебиты по скважинам не превышают 2-3 л/с. Воды пресные или слабосолоноватые. Значительные запасы пресных и слабосолоноватых подземных вод содержатся в карбонатных синклинальных структурах девона–карбона (Коксенгирсорская, Яблоновая, Тамсорская мульды), а также в известняках ордовика. Мощность водоносной зоны изменяется от 60 до 110 м, в среднем 70 м. Глубина залегания подземных вод до 15 м. Расходы родников – 0,5-5,0 л/с, дебиты скважин достигают 30 л/с. Минерализация воды не превышает 1,6 г/л.

В водоносных горизонтах четвертичных отложений долин рек Есиль, Чаглинка формируются ресурсы пресных и солоноватых подземных вод. Глубина их залегания от 0,5 до 20 м. Дебиты водопунктов изменяются от десятых долей до 5-10 л/с. Минерализация вод – от 1 до 5 г/л. В междуречье Обаган-Есиль в олигоценовых песках распространены слабо напорные подземные воды на глубине 15-30 м. Мощность горизонта 8-10 м. Дебиты скважин достигают 5-7 л/с при средних 1,0–1,5 л/с. Пресные воды занимают небольшую площадь в виде узкой полосы вдоль р. Есиль. Наиболее широко распространены слабосолоноватые и солоноватые воды.

В Нижневартовско-Петропавловском бассейне подземные воды приурочены к отложениям эоцена и верхнего мела. В эоценовых гравелистых песках и галечниках с прослоями глин мощностью от 8-10 до 25-50 м напорные воды вскрыты на глубине 15-150 м и более. Пьезометрические уровни установились на глубине 2-15 м. Дебиты скважин достигают 15-30 л/с. Минерализация подземных вод эоцена преимущественно 1-1,5 г/л. Подземные воды верхнемеловых отложений (крупнозернистые пески мощностью до 20-25 м) вскрыты скважинами на глубинах 25-100 м. Воды напорные, уровни их устанавливаются на глубине 0,2-1,6 м. Дебиты большинства скважин – 5-25 л/с.

Северо-Казахстанская область характеризуется своеобразной структурой прогнозных ресурсов подземных вод, в которой преобладают слабосолоноватые и более минерализованные воды. Общая величина прогнозных ресурсов достигает 32,40 $м^3/с$, в том числе 4,06 $м^3/с$ приходится на пресные воды, 16,11 $м^3/с$ – на воды с минерализацией 1-3 г/л и 12,22 $м^3/с$ – на воды с минерализацией 3-10 г/л. Пресные воды составляют лишь 12,5% общей величины прогнозных ресурсов, тогда как слабо солоноватые – 49,7%, соленые с минерализацией 3-10 г/л – 37,7%. Следовательно, обеспеченность области подземными водами питьевого качества ограничена. На 1 $км^2$ приходится 0,04 л/с прогнозных ресурсов подземных вод с минерализацией до 1 г/л.

Естественные ресурсы подземных вод оцениваются в 19,17 $м^3/с$ при среднем модуле 0,2 $л/с·км^2$. На большей территории Западно-Сибирской низменности, в северной части области, модуль составляет 0,1-0,2 $л/с·км^2$. На правобережье р. Есиль и в её долине он возрастает до 0,3-0,5 $л/с·км^2$, а в районе Казахского мелкосопочника – 0,2-0,3 $л/с·км^2$.

Эксплуатационные запасы подземных вод достигают 2,57 $м^3/с$, из которых 0,65 $м^3/с$ приходится на пресные воды. На 1 $км^2$ приходится 0,01 $м^3/с$ эксплуатационных запасов подземных вод с минерализацией до 1 г/л. В целом область располагает незначительным общим ресурсным потенциалом подземных вод, что ограничивает возможности широкого использования подземных вод для хозяйственно-питьевых целей без предварительной водоподготовки [7, 11].

Пресные подземные воды в области распространены ограниченно, преимущественно в южной ее части. Здесь развиты палеозойские скальные породы, в которых циркулируют трещинные и трещинно-жильные подземные воды. Северо-Казахстанскую область можно отнести к районам, недостаточно обеспеченным подземными водами, пригодными для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Хозяйственно-питьевое водоснабжение области осуществляется за счет поверхностных и подземных вод, но приоритет принадлежит поверхностным водам.

Влияние климатических изменений и процессов техногенеза не отразилось на величинах ресурсов и запасов пресных и слабо солоноватых подземных вод.

Таблица 1– Прогнозные эксплуатационные и естественные ресурсы подземных вод по административным областям Северного Казахстана

Table 1 – Estimated operational and natural groundwater resources by administrative regions of Northern Kazakhstan

Регионы и административные области	Прогнозные эксплуатационные ресурсы, $м^3/с$ с минерализацией, г/л				Естественные ресурсы	
	до 10	до 1	1-3	3-10	Всего, $м^3/с$	Модуль, $л/с \cdot км^2$
Северный Казахстан	**266,1343**	**169,2708**	**61,3831**	**35,4861**	**154,2641**	**0,29**
Акмолинская	41,3900	30,9722	8,94792	1,4699	30,3293	0,21
Костанайская	55,2777	12,0255	21,6563	21,5960	28,1431	0,14
Павлодарская	137,0729	122,2100	14,6667	0,1967	76,6235	0,62
Северо-Казахстанская	32.3993	4,06366	16,1123	12,2233	19,1681	0,20

Распределение прогнозных эксплуатационных и естественных ресурсов подземных вод по административным областям Северного Казахстана приведено в таблице 1.

Согласно таблице 1 в структуре прогнозных ресурсов Северного региона преобладают пресные подземные воды с минерализацией до 1 г/л, доля которых составляет 63,6%. Слабосолоноватые воды с минерализацией 1–3 г/л занимают 23,0%, а воды с минерализацией 3–10 г/л – 13,4%. В тоже время основная часть пресных подземных вод сосредоточена в Павлодарской области, на которую приходится 72,2% их общего объема пресных вод по региону. Значительно меньшими ресурсами характеризуются Акмолинская и Костанайская области, тогда как минимальная доля пресных вод отмечается в Северо-Казахстанской области – 2,4%. Это свидетельствует о выраженной территориальной концентрации пресных подземных вод в одной административной области.

Результаты. В Северном регионе доля пресных и слабосолоноватых подземных вод в структуре прогнозных ресурсов преобладает и составляет соответственно 63,6% (169,27 $м^3/с$) и 23,0% (61,38 $м^3/с$) от общей величины прогнозных ресурсов. Вместе с тем довольно высока доля солёных вод с минерализацией 3–10 г/л – до 13,4% (35,48 $м^3/с$). Таким образом, потенциал подземных вод региона в целом значителен, однако его практическое значение определяется не только суммарными величинами, но и качественными характеристиками.

При этом важнейшей особенностью Северного региона является выраженная неравномерность распространения пресных и слабосолоноватых подземных вод в пределах административных областей. Так, около 72,2% пресных подземных вод сосредоточено в границах Павлодарской области, тогда как в остальных областях их доля составляет, как правило, от 3 до 8% от суммарной величины прогнозных ресурсов пресных вод Северного региона. Следовательно даже при сравнительно высокой общей обеспеченности региона ресурсами доступность и качество подземных вод по территории существенно различаются, что напрямую влияет на возможности их хозяйственного использования.

Существенная территориальная неоднородность гидрогеологических условий, различия в ресурсах, качестве и доступности подземных вод, а также ограниченность поверхностных источников водоснабжения обусловили необходимость дифференцированного подхода к водопользованию. В этих условиях задача обеспечения пастбищных массивов подземными водами наиболее рационально решается путем проведения районирования территорий Северного Казахстана по условиям обеспеченности подземными водами. Это позволит рационально планировать и обосновывать устойчивое обводнение пастбищ и адаптацию аграрного сектора к климатическим и антропогенным изменениям.

Следует отметить, что подходы к оценке обеспеченности территорий подземными водами уже применялись ранее. Так, в работах [2, 11] выполнена оценка административных областей Казахстана с целью определения степени их обеспеченности пресными и слабо солоноватыми подземными водами. В качестве критерия степени водообеспеченности использовано отношение потребности регионов в пресной воде к величине прогнозных ресурсов подземных вод с минерализацией до 1 г/л. На этой основе выделены территории: надежно обеспеченные подземными

водами хозяйственно-питьевого назначения (К > 1,5); обеспеченные (К = 1,0–1,5); частично обеспеченные (К = 0,5–1,0); недостаточно обеспеченные (К < 0,5).

По результатам оценки Павлодарская и Костанайская области отнесены к обеспеченным ресурсами подземных вод хозяйственно-питьевого назначения. Акмолинская область характеризуется частичной обеспеченностью, а Северо-Казахстанская область – недостаточной обеспеченностью ресурсами пресных и слабосолоноватых подземных вод, пригодных для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Однако приведенная методика позволяет лишь в первом приближении оценить обеспеченность различных регионов Казахстана прогнозными ресурсами и разведанными эксплуатационными запасами подземных вод хозяйственно-питьевого назначения, но не учитывает природные гидрогеологические условия и неравномерность распределения ресурсов по территории региона. Следовательно, для пастбищного водоснабжения требуется иной, более гидрогеологический подход, отражающий реальные природные условия размещения водоносных горизонтов и комплексов и качество вод.

При разработке карты районирования по условиям обеспеченности подземными водами для обводнения пастбищ были учтены особенности пастбищного водопользования: водообеспечение пастбищных территорий осуществляется преимущественно одиночными или групповыми водозаборами с небольшими дебитами (обычно до 1,0–1,5 л/с, в редких водопунктах – до 4,0 л/с), представленными главным образом шахтными колодцами и реже неглубокими гидрогеологическими скважинами. Для таких водозаборов характерны кратковременный, прерывистый период эксплуатации, значительная удаленность от населенных пунктов и разведанных месторождений подземных вод. Следовательно, водозаборы пастбищного назначения, как правило, не оказывают заметного влияния на режим эксплуатации месторождений подземных вод, разведанных для хозяйственно-питьевого водоснабжения и иных целей. Тем более что в Казахстане отсутствуют месторождения подземных вод, разведанные специально для обводнения пастбищ.

С этой целью разработана Карта условий обеспеченности подземными водами пастбищных территорий Северного Казахстана (рисунок 6).

Карта составлена с учетом гидрогеологических условий рассматриваемой территории. При ее подготовке использованы изданные гидрогеологические карты масштаба 1:200 000; гидрогеологическая карта масштаба 1:1 000 000; «Атлас гидрогеологических карт Республики Казахстан»; а также материалы поисков и разведки подземных вод для различных целей. На карте соответствующим цветовым фоном показаны территории с преобладающей для данного района минерализацией подземных вод и возможной производительностью эксплуатационных скважин; выделены участки с распространением подземных вод с минерализацией более 10 г/л либо безводные. Штриховкой отражена преимущественная глубина эксплуатационных скважин. Таким образом, выделены территории с преобладающей минерализацией и возможной производительностью эксплуатационных скважин, в пределах которых пастбищные массивы могут считаться обеспеченными подземными водами (см. рисунок 6).

Разработанная карта отражает распространение подземных вод различной минерализации, а также ориентировочные параметры возможной производительности и преобладающей глубины эксплуатационных скважин. При совместном рассмотрении данной карты с Картой прогнозных эксплуатационных ресурсов подземных вод и Картой естественных ресурсов подземных вод (см. рисунки 4, 5) становится возможным оценивать прогнозные и естественные ресурсы подземных вод на любом участке рассматриваемой территории, а также ориентировочно определять проектную производительность водозаборов для водообеспечения пастбищ.

Полученные результаты по обеспеченности пастбищных массивов подземными водами в разрезе областей подтверждают выявленную ранее неоднородность. В Северном регионе пастбищные массивы в Павлодарской области в целом полностью обеспечены ресурсами пресных и слабосолоноватых подземных вод (таблица 2). В остальных областях (Акмолинская, Костанайская, Северо-Казахстанская) обеспеченность пастбищных массивов пресными и слабосолоноватыми водами отмечается лишь на отдельных участках. Наиболее низкой степенью обеспеченности характеризуется Северо-Казахстанская область. На отдельных участках допускается использование сильно солоноватых подземных вод для водоснабжения пастбищ при условии их последующего опреснения.

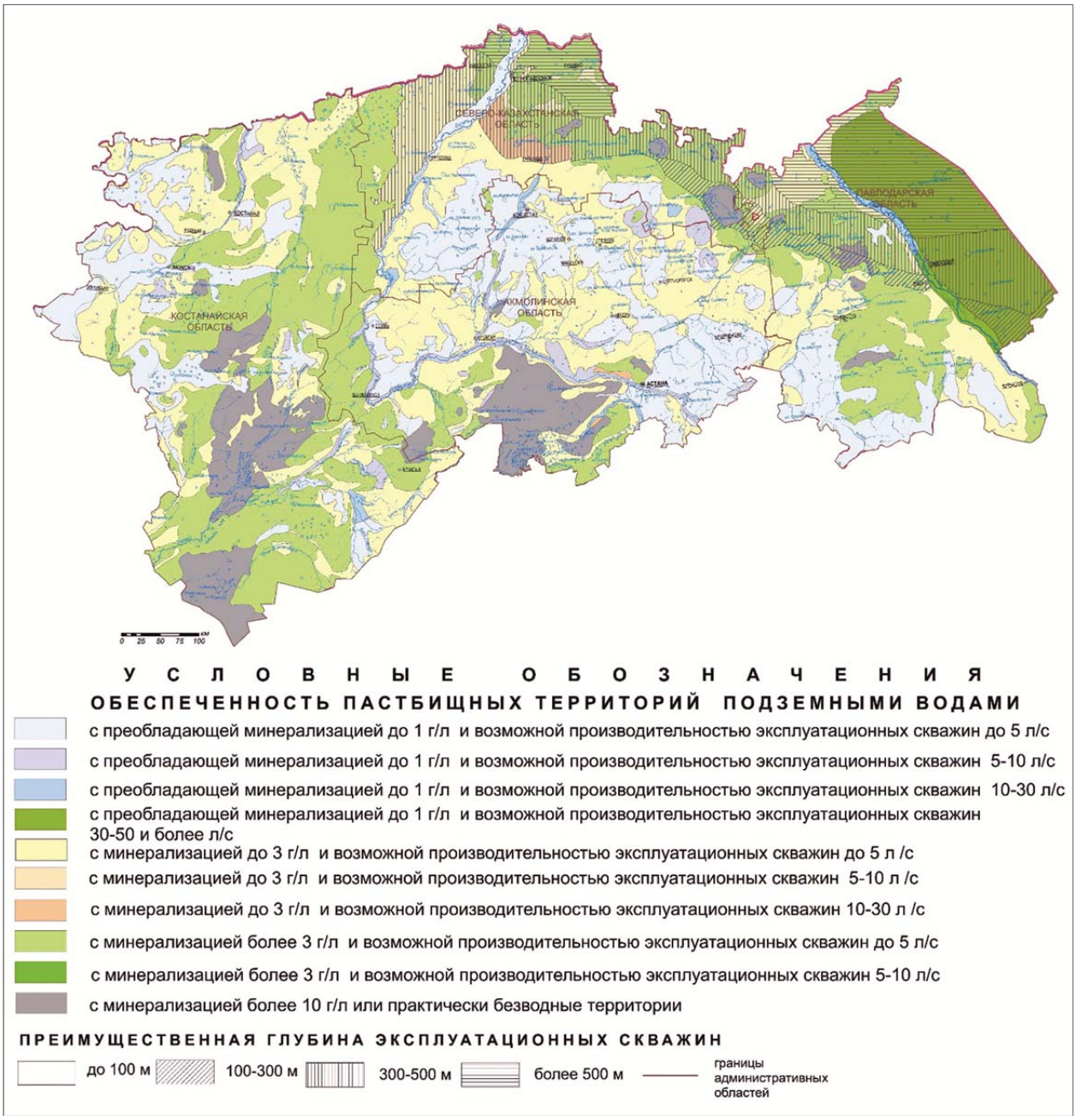


Рисунок 6 – Карта условий обеспеченности подземными водами пастбищных территорий Северного Казахстана

Figure 6 – Map of groundwater supply conditions in pasture areas of Northern Kazakhstan

Таким образом, прогнозная расчетная потребность пастбищных территорий в подземных водах для водопоя скота по Северному Казахстану в целом достигает 92,35 тыс. м^3/сут; в разрезе областей она изменяется от 20,24 до 25,52 тыс. м^3/сут (таблица 2). Прогнозные и естественные ресурсы подземных вод каждой административной области по своей величине существенно превышают расчетные потребности пастбищ в воде и, кроме того, потенциально перекрывают потребности населения в водах хозяйственно-питьевого назначения. Однако, несмотря на общую «ресурсную избыточность», фактическая обеспеченность пастбищных массивов подземными водами на всей площади территории достигается только в Павлодарской области. В остальных областях региона вследствие неравномерности распределения пресных и слабосолоноватых вод пастбищные массивы обеспечены ими лишь на отдельных участках, что и обосновывает необходимость их районирования и адресного планирования водообеспечения.

Таблица 2 – Обеспеченность пастбищных территорий прогнозными эксплуатационными и естественными ресурсами подземных вод по административным областям Северного Казахстана

Table 2 – Availability of pasture areas with predicted operational and natural groundwater resources by administrative regions of Northern Kazakhstan

Регионы и административные области	Потребность в воде пастбищных территорий, тыс. $м^3$/сут	Прогнозные эксплуатационные ресурсы, тыс. $м^3$/сут с минерализацией, г/л				Естественные ресурсы	
		Всего	до 1	1-3	3-10	тыс.$м^3$/сут	Модуль, л/с·$км^2$
Северный Казахстан	**92,35**	**22994,0**	**14625,0**	**5303,5**	**3066,0**	**13328,40**	**0,29**
Акмолинская	22,63	3576,10	2676,0	773,1	127,0	2620,45	0,21
Костанайская	20,54	4776,0	1039,0	1871,1	1865,9	2431,56	0,14
Павлодарская	25,52	11843,1	10558,9	1267,2	17,0	6620,27	0,62
Северо-Казахстанская	23,66	2799,3	351,1	1392,1	1056,1	1656,12	0,20

Обсуждение. Полученные результаты показывают, что Северный Казахстан в целом обладает значительным потенциалом подземных вод, однако их территориальное распределение и качество характеризуются выраженной неоднородностью. В частности, около 72,2% прогнозных ресурсов пресных подземных вод сосредоточено в Павлодарской области, тогда как в остальных областях их доля значительно ниже. Это свидетельствует о том, что высокая суммарная ресурсная обеспеченность региона не означает равномерной доступности подземных вод.

Ранее применявшиеся методы оценки водообеспеченности [2, 11] позволяют определить общий уровень обеспеченности административных территорий, однако недостаточно учитывают локальные гидрогеологические условия, минерализацию, глубину залегания и возможную производительность водозаборов. В настоящем исследовании эти параметры учтены при районировании территорий по условиям обеспеченности подземными водами для обводнения пастбищ.

Результаты районирования подтверждают, что наиболее благоприятные условия характерны для Павлодарской области, тогда как в Акмолинской, Костанайской и особенно Северо-Казахстанской областях обеспеченность пастбищ пресными и слабосолоноватыми подземными водами имеет преимущественно локальный характер. Следовательно, при планировании пастбищного водоснабжения необходимо учитывать не только величину прогнозных ресурсов, но и их пространственную доступность и качество. Разработанный подход позволяет обосновывать размещение водозаборов и осуществлять адресное планирование обводнения пастбищ.

Выводы.

1. Установлено, что в условиях аридного и полуаридного климата Северного Казахстана подземные воды являются наиболее надежным источником водоснабжения пастбищ, при этом решающими параметрами для обводнения выступают качество (минерализация), доступность (глубина) и потенциальная производительность водозаборов.

2. Анализ состояния прогнозных и естественных ресурсов, а также эксплуатационных запасов подтверждает неравномерность их распределения по региону. Основные ресурсы пресных и слабосолоноватых подземных вод приурочены к Павлодарской области (63,3%), на которой пастбищные массивы полностью обеспечены ресурсами подземных вод. В остальных областях пастбищные массивы обеспечены подземными водами на отдельных участках.

3. Разработанная Карта условий обеспеченности подземными водами пастбищных территорий Северного Казахстана отражает сведения о минерализации, ожидаемых дебитах и преимущественных глубинах эксплуатационных скважин и тем самым облегчает планирование водоснабжения пастбищных территорий за счет подземных вод.

4. Практическая значимость карты заключается в возможности предварительного (до проведения детальных поисково-разведочных работ) выбора перспективных водоносных горизонтов, обоснования схем размещения водопойных пунктов и снижения рисков нерационального водоотбора и деградации пастбищных экосистем.

5. Результаты могут быть использованы при разработке региональных программ устойчивого развития животноводства, территориальном планировании и организации мониторинга качества подземных вод в зонах потенциального техногенного влияния.

Финансирование. Это исследование финансируется Министерством водных ресурсов и ирригации Республики Казахстан (BR 23791322 «Научно-техническое обеспечение сохранения, воспроизводства и эффективного распределения водных ресурсов для обеспечения водной безопасности Республики Казахстан»).

ЛИТЕРАТУРА

[1] Amparo-Salcedo M., Pérez-Gimeno A., Navarro-Pedreno J. (2025). Water Security Under Climate Change: Challenges and Solutions Across 43 Countries // Water, 17(633) https://doi.org/10.3390/w17050633

[2] Смоляр В. А., Буров Б. В., Веселов В. В. и др. Водные ресурсы Казахстана (поверхностные и подземные воды, современное состояние). – Алматы: Гылым, 2002. – 596 с.

[3] Yao J., Liu H., Huang J., Gao Z., Wang G., Li D., Yu H., Chen X. (2020). Accelerated Dryland Expansion Regulates Future Variability in Dryland Gross Primary Production // Nat. Commun. 11(1665). https://doi.org/10.3390/su17031337

[4] Reynolds J. F., Smith D. M. S., Lambin E. F., Turner B. L., Mortimore M., Batterbury S. P. J., Downing T. E., Dowlatabadi H., Fernández R. J., Herrick J. E. (2007). Global Desertification: Building a Science for Dryland Development // Science, 316, 847-851 https://www.science.org/doi/10.1126/science.1131634

[5] Wada Y., van Beek L. P. H., Bierkens M. F. P. (2012). Nonsustainable Groundwater Sustaining Irrigation: A Global Assessment // Water Resour. Res., 48, W00L06. https://doi.org/10.1029/2011WR010562

[6] Sherwood L. B., Warr O., Higgins P. M. (2024). The Hidden Hydrogeosphere: The Contribution of Deep Groundwater to the Planetary Water Cycle // Annu. Rev. Earth Planet. Sci., 52, 443-466. https://doi.org/10.1146/annurev-earth-040722-102252

[7] Смоляр В. А., Буров Б. В., Мустафаев С. Т. Ресурсы подземных вод Республики Казахстан // Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. – Алматы, 2012. – Т. VIII. – 632 с.

[8] Национальный атлас Республики Казахстан. Т. 1: Природные условия и ресурсы / Под ред. А. Р. Медеу. – Алматы, 2010.

[9] Gleeson T., Befus K. M., Jasechko S., Luijendijk E., Cardenas M. B. (2016). The Global Volume and Distribution of Modern Groundwater // Nat. Geosci., 9, 161-167 https://doi.org/10.1038/ngeo2590

[10] Смоляр В. А., Буров Б. В., Мустафаев С. Т. Подземные воды Казахстана: обеспеченность и использование // Водные ресурсы Казахстана: оценка, прогноз, управление. – Алматы, 2011. – Т. XIX. – 402 с.

[11] Абсаметов М. К., Муртазин Е. Ж., Мухамеджанов М. А. и др. Рациональное использование и охрана подземных вод Республики Казахстан в условиях климатических и антропогенных изменений. – Алматы, 2020. – 280 с.

[12] Zhou Y., Shrestha S., Babel M. S. (2021). Groundwater sustainability under climate change in Central Asia // Renew. Sustain. Energy Rev., 136, 110418

[13] Hassan A., Sultan M., Valdes G. (2019). Impact of climate variability on groundwater recharge in arid regions // J. Arid. Environ., 162, 1-10.

[14] Khan F. I., Anderson G., Jambor E. (2016). Sustainable groundwater management in Kazakhstan // Water Int., 41, 858-875

[15] Muthuwatta L. P., Singh R., Savenije H. H. G. (2018). Climate Change and Groundwater Resources in Semi-Arid Regions; Springer Water: Cham, Switzerland, 45-57.

[16] Famiglietti J. S. (2014). The Global Groundwater Crisis. // Nat. Clim. Change, 4, 945-948 https://doi.org/10.1038/nclimate2425

[17] Wolkeba F. T., Mekonnen M. M., Brauman K. A., Kumar M. (2024). Indicator metrics and temporal aggregations introduce ambiguities in water scarcity estimates. Sci.Rep., 14, 15182. https://doi.org/10.1038/s41598-024-65155-5

REFERENCES

[1] Amparo-Salcedo M., Pérez-Gimeno A., Navarro-Pedreno J. (2025). Water Security Under Climate Change: Challenges and Solutions Across 43 Countries // Water, 17(633). https://doi.org/10.3390/w17050633

[2] Smolyar V. A., Burov B. V., Veselov V. V., et al. Water resources of Kazakhstan (surface and groundwater, current state). Almaty: Gylym, 2002. 596 p. (in Russ.).

[3] Yao J., Liu H., Huang J., Gao Z., Wang G., Li D., Yu H., Chen X. (2020). Accelerated Dryland Expansion Regulates Future Variability in Dryland Gross Primary Production // Nat. Commun. 11(1665). https://doi.org/10.3390/su17031337

[4] Reynolds J. F., Smith D. M. S., Lambin E. F., Turner B. L., Mortimore M., Batterbury S. P. J., Downing T. E., Dowlatabadi H., Fernández R. J., Herrick J. E. (2007). Global Desertification: Building a Science for Dryland Development // Science, 316, 847-851 https://www.science.org/doi/10.1126/science.1131634

[5] Wada Y., van Beek L. P. H., Bierkens M. F. P. (2012). Nonsustainable Groundwater Sustaining Irrigation: A Global Assessment // Water Resour. Res., 48, W00L06. https://doi.org/10.1029/2011WR010562

[6] Sherwood L. B., Warr O., Higgins P. M. (2024). The Hidden Hydrogeosphere: The Contribution of Deep Groundwater to the Planetary Water Cycle // Annu. Rev. Earth Planet. Sci., 52, 443-466. https://doi.org/10.1146/annurev-earth-040722-102252

[7] Smolyar V. A., Burov B. V., Mustafayev S. T. Groundwater resources of the Republic of Kazakhstan // Water resources of Kazakhstan: assessment, forecast, management. Almaty, 2012. Vol. VIII. 632 p. (in Russ.).

[8] National Atlas of the Republic of Kazakhstan. Vol. 1: Natural conditions and resources / Ed. A. R. Medeu. Almaty, 2010 (in Russ.).

[9] Gleeson T., Befus K. M., Jasechko S., Luijendijk E., Cardenas M. B. (2016). The Global Volume and Distribution of Modern Groundwater // Nat. Geosci., 9, 161-167 https://doi.org/10.1038/ngeo2590

[10] Smolyar V. A., Burov B. V., Mustafayev S. T. Groundwater of Kazakhstan: availability and use // Water resources of Kazakhstan: assessment, forecast, management. Almaty, 2011. Vol. XIX. 402 p. (in Russ.).

[11] Absametov M. K., Murtazin E. Zh., Mukhamedzhanov M. A. et al. Rational use and protection of groundwater in the Republic of Kazakhstan in the context of climatic and anthropogenic changes. Almaty, 2020. 280 p. (in Russ.).

[12] Zhou Y., Shrestha S., Babel M. S. (2021). Groundwater sustainability under climate change in Central Asia // Renew. Sustain. Energy Rev., 136, 110418

[13] Hassan A., Sultan M., Valdes G. (2019). Impact of climate variability on groundwater recharge in arid regions // J. Arid. Environ., 162, 1-10.

[14] Khan F. I., Anderson G., Jambor E. (2016). Sustainable groundwater management in Kazakhstan // Water Int., 41, 858-875

[15] Muthuwatta L. P., Singh R., Savenije H. H. G. (2018). Climate Change and Groundwater Resources in Semi-Arid Regions; Springer Water: Cham, Switzerland, 45-57.

[16] Famiglietti J. S. (2014). The Global Groundwater Crisis. // Nat. Clim. Change, 4, 945-948 https://doi.org/10.1038/nclimate2425

[17] Wolkeba F. T., Mekonnen M. M., Brauman K. A., Kumar M. (2024). Indicator metrics and temporal aggregations introduce ambiguities in water scarcity estimates. Sci.Rep., 14, 15182. https://doi.org/10.1038/s41598-024-65155-5

V. A. Smolyar[1], D. K. Adenova*[2], A. M. Dzhabasov[3], D. S. Sapargaliyev[4], S. R. Tazhiyev[5]

[1] Doctor of Geological and Mineralogical Sciences, Chief researcher
(Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U. M. Akhmedsafina,
Almaty, Kazakhstan; *v_smolyar@mail.ru*)
[2] *PhD, Leading researcher
(Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U. M. Akhmedsafina,
Almaty, Kazakhstan; ***adenovadinara@gmail.com***)
[3] Candidate of geological and mineralogical sciences, Leading researcher
(Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U. M. Akhmedsafina,
Almaty, Kazakhstan; *jabassov.abayi@mail.ru*)
[4] PhD, Head of the Groundwater Resources Laboratory
(Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U. M. Akhmedsafina,
Almaty, Kazakhstan; *rgzgroup1@gmail.com*)
[5] PhD, Leading researcher (Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U. M. Akhmedsafina,
Almaty, Kazakhstan; *sula_tashiev@mail.ru*)

CONDITIONS OF GROUNDWATER SUPPLY FOR PASTURE TERRITORIES IN NORTHERN KAZAKHSTAN

Abstract. The article provides a scientific justification and develops a map of the conditions for the provision of groundwater in pasture areas of Northern Kazakhstan. Based on the generalization of hydrogeological survey materials and cartographic sources (geological, structural, climatic and hydrogeological factors of groundwater resource formation, their quality and availability were analyzed. A quantitative assessment of predicted and natural resources, as well as exploitable reserves, is given, taking into account mineralization and territorial unevenness of their distribution. The developed map reflects zones of different groundwater mineralization, expected productivity and preferential depths of production wells, which makes it possible to choose optimal solutions for water supply to pastures and the placement of watering infrastructure. It is shown that in Northern Kazakhstan, pasture areas are fully provided with fresh and slightly brackish water resources only within the Pavlodar region, and in other regions - only in certain areas. The performed analysis of the state of predicted and natural resources, as well as exploitable reserves, confirms the unevenness of their distribution across the region. The main resources of fresh and slightly brackish groundwater 63.3% of groundwater resources are located in the Pavlodar region. The developed Map of Groundwater Supply Conditions for Pasture Areas in Northern Kazakhstan systematizes information on mineralization, expected flow rates, and preferred well depths, identifies areas with limitations, and thereby ensures spatially differentiated planning of pasture water supply.

Keywords: groundwater, pasture irrigation, zoning, supply map.

В. А. Смоляр[1], Д. К. Аденова*[2], А. М. Джабасов[3], Д. С. Сапаргалиев[4], С. Р. Тажиев[5]

[1] Геология-минералогия ғылымдарының докторы, бас ғылыми қызметкер
(У. М. Ахмедсафина атындағы гидрогеология және геоэкология институты),
Алматы, Қазақстан; *v_smolyar@mail.ru*)
[2] *PhD, жетекші ғылыми қызметкер (У. М. Ахмедсафина атындағы гидрогеология
және геоэкология институты, Алматы, Қазақстан; ***adenovadinara@gmail.com***)
[3] Геология-минералогия ғылымдарының кандидаты, жетекші ғылыми қызметкер
(«У. М. Ахмедсафина атындағы гидрогеология және геоэкология институты»,
Алматы, Қазақстан; *jabassov.abayi@mail.ru*)
[4] PhD, жерасты сулары ресурстары зертханасының меңгерушісі
(У. М. Ахмедсафина атындағы гидрогеология және геоэкология институтының ғылыми қызметкері,
Алматы, Қазақстан; *rgzgroup1@gmail.com*)
[5] PhD, жетекші ғылыми қызметкер («У. М. Ахмедсафина атындағы
гидрогеология және геоэкология институты», Алматы, Қазақстан; *sula_tashiev@mail.ru*)

СОЛТҮСТІК ҚАЗАҚСТАННЫҢ ЖАЙЫЛЫМ АЙМАҚТАРЫН ЖЕРАСТЫ СУЛАРЫМЕН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ ШАРТТАРЫ

Аннотация. Мақалада Солтүстік Қазақстанның жайылымдық аймақтарында жерасты суларымен қамтамасыз ету жағдайларының ғылыми негіздемесі келтіріліп, картасы жасалған. Гидрогеологиялық зерттеу материалдарын және картографиялық дереккөздерді (жерасты сулары ресурстарының қалыптасуының геологиялық, құрылымдық, климаттық және гидрогеологиялық факторларын) жалпылау негізінде олардың сапасы мен қолжетімділігі талданды. Болжамды және табиғи ресурстардың, сондай-ақ пайдаланылатын қорлардың сандық бағасы минералдануы мен аумақтық біркелкі емес таралуын ескере отырып берілген. Әзірленген карта жерасты суларының минералдануы әртүрлі аймақтарын, күтілетін өнімділікті және пайдалану ұңғымаларының басым тереңдіктерін көрсетеді, бұл жайылымдарды сумен жабдықтау және суару инфрақұрылымын орналастыру үшін оңтайлы шешімдерді таңдауға мүмкіндік береді. Солтүстік Қазақстанда жайылымдық алқаптар тек Павлодар облысының шегінде тұщы және аздап тұзды су ресурстарымен толық қамтамасыз етілгені, ал басқа аймақтарда тек белгілі бір аумақтарда ғана екені көрсетілген. Болжамды және табиғи ресурстардың, сондай-ақ пайдаланылатын қорлардың жай-күйіне жүргізілген талдау олардың аймақ бойынша таралуының біркелкі еместігін растайды. Тұщы және аздап тұзды жерасты суларының негізгі ресурстары жерасты сулары ресурстарының 63,3%-ы Павлодар облысында орналасқан. Солтүстік Қазақстандағы жайылымдық алқаптар үшін жерасты суларымен жабдықтау жағдайларының әзірленген картасы минералдануы, күтілетін ағын жылдамдығы және ұңғымалардың басым тереңдігі туралы ақпаратты жүйелейді, шектеулері болатын аумақтарды анықтайды, және осылайша жайылымдық сумен жабдықтаудың кеңістіктік сараланған жоспарлауын қамтамасыз етеді.

Түйін сөздер: жерасты сулары, жайылымдарды суару, аймақтарға бөлу, жабдықтау картасы.