

<https://doi.org/10.51301/ejsu.2024.i3.04>

Prospects for the use of groundwater in the southern part of the Kerbulak deposit for irrigation

T.A. Rakhimov, A.T. Toktar*, A.A. Nurgazieva

Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U.M. Ahmedsafin, Almaty, Kazakhstan

*Corresponding author: aliya.toktar@gmail.com

Abstract. Groundwater is an important natural resource and its importance for the agricultural sector of the economy of Kazakhstan is enormous. In conditions of limited surface water resources and due to the changes and increasing climate aridization, the southern regions of Kazakhstan are increasingly experiencing a shortage of water resources. The climate conditions of the south-eastern regions of Kazakhstan are characterized by a lack of moisture, which makes irrigation an integral part of agricultural production. In recent decades, water resource management has become increasingly important. The efficient use of water resources through modern irrigation technologies can contribute to increased land productivity and food security in the region. This paper presents the results of research on the use of groundwater in the southern part of the Kerbulak field for irrigation purposes. The paper analyzes the current state of groundwater use and prospects for the development of irrigated agriculture in the considered area. The article presents the results of the research of the hydrogeological conditions of the Shengeldy area (the southern part of the Kerbulak field), identified prospective aquifers, studied the quality of groundwater, and made conclusions about the use of groundwater for various purposes. The groundwater of the Kerbulak field can provide a stable water supply during the growing season, and this is critical for agriculture in poor years. However, despite all the benefits, irrigated agriculture faces a number of challenges, such as soil degradation, pollution and depletion of water resources. Therefore, the important task is to develop and implement effective strategies for the management of irrigated areas, aimed at integrating modern technologies, traditional knowledge and sustainable agricultural practices.

Keywords: irrigated agriculture, Kerbulak deposit, Koskuduk depression, Cretaceous-Paleogene aquifer, groundwater reserves, groundwater mineralization.

1. Введение

Орошаемое земледелие – один самых эффективных методов сельскохозяйственного производства, позволяющих увеличивать производства зерновых и овощных культур вне зависимости от выпадения атмосферных осадков. В силу засушливости климата, орошению нет сопоставимой эффективной альтернативы в южных, юго-восточных областях Казахстана (Алматинская, Жамбылская, Туркестанская, Кызылординская, Восточно-Казахстанская). В этих регионах ирригация — базисная технология, и орошаемое водопользование определяет эффективность землепользования и земледелия.

Нужно отметить, что в странах с аридным и полуаридным климатом подземные воды широко используются для орошения. В Индии на орошение земель направляется до 94% всех водных ресурсов, в Мексике - 90%, США - 38% [1]. Из общей площади орошаемых земель в США за счет подземных вод орошается 45% земель, в Иране – 58%, а в Ливии орошаемое земледелие целиком основано на подземных водах [2-5].

Также следует отметить, что водное законодательство нашей республики ограничивает использование пресных подземных вод высокого качества на орошение и обводнение пастбищ, в первую очередь они должны использоваться для хозяйственно-питьевого водоснабжения [6]. И

только в регионах, где ресурсы подземных вод достаточны для удовлетворения существующей и перспективной потребности в воде питьевого качества, возможно использование пресных подземных вод на другие цели [7].

Сельское хозяйство является одной из ключевых отраслей в экономике Казахстана. Доля сельского хозяйства в структуре ВВП страны за последнее десятилетие (2013-2023гг.) составила от 4.3 до 5.4%.

В Казахстане до 1991 года насчитывалось 2.3 млн.га орошаемых земель. Занимая 5-6% в общей структуре посевных площадей, они давали до 35% продукции растениеводства. В настоящее время в сельскохозяйственном производстве используется 1195.7 тыс.га орошаемых земель, из которых 1108.5 или 92.7% расположены в четырех южных областях республики – Южно-Казахстанской (35.9%), Алматинской (37.4%), Кызылординской (12.0%) и Жамбылской (14.7%) [10, 11, 12].

В Алматинской области Республики Казахстан посевные площади сельскохозяйственных культур составляют около 900 тыс.га, и из них около 400 тыс.га являются орошаемыми.

По состоянию на 2013 год общая площадь орошения в Алматинской области составила 483.9 тыс.га, а величина общего водоотбора для орошения – 3416.9 млн.м³.

Наибольшее распространение в этом регионе получили: из зерновых – пшеница и ячмень (281 тыс.га), куку-

руза (34.5 тыс.га), рис (75.4 тыс.га); из технических – хлопчатник (200.9 тыс.га), из масличных – подсолнечник, соя, сафлор (35.4 тыс.га); из кормовых – многолетние и однолетние травы (209.3 тыс.га), кукуруза на силос (36.6 тыс.га).

Располагаемый поверхностный сток и возможности орошения. Рассматриваемый район относится к Балхаш-Алакольскому водохозяйственному бассейну. Большое значение для орошения имеет регулирование стока р. Или (главной водной артерии Балхаш-Алакольского бассейна) с помощью водохранилища. Полная емкость Капшагайского водохранилища составляет 28.5 км³, а полезная – 6.6 км³.

Использование поверхностных вод за период 1995-2020 гг. зависит от экономической ситуации в Республике: если в 1995 по 2000 годы можно было наблюдать спад потребления водных ресурсов на нужды сельского хозяйства с 3636 млн.м³/год до 2317 млн.м³/год, то в дальнейшем наблюдается прирост использования поверхностных вод в данном направлении.

Анализ формирования и использования поверхностных вод Балхаш-Алакольского бассейна показывает, что в отдельные годы общий водоотбор для нужд сельского хозяйства близок к располагаемым ресурсам. Обеспеченность поверхностными водными ресурсами зависит от транзитного расхода рек.



Рисунок 1. Карта орошаемых площадей южной части Кербулакского района

В целом по Южному Казахстану в связи с уменьшающимся объемом стока трансграничных рек и ростом водопотребления промышленными отраслями экономики, объемы располагаемого стока на орошение к 2025 году снизятся до 11.47 млрд.м³ и 8.12 млрд.м³ для средне-многолетних и маловодных лет [13].

В Кербулакском районе Алматинской области условия увлажнения являются недостаточными и климат характеризуется как умеренно засушливый, что предопределяет высокую рискованность сухого (богарного) земледелия. Следовательно, на большей части района необходимо орошение (рисунок 1) [10, 11].

Суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур, требующих умеренного тепла, необходимое для формирования единицы урожая (1 т/га) в климатических условиях Кербулакского района составляет от 3141 до 6507 м³/га, рост среднего суммарного водопотребления относительно современных, составит от 6 до 8% в 2030 и от 10 до 13% в 2050 г. (рисунок 2).

Впервые, в пределах Коскудукской впадины, в северо-восточной ее части Южно-Казахстанским территориальным геологическим управлением в 1973-1974 гг. были проведены гидрогеологические работы с целью обоснования строительства водозабора для рудника «Архарлы».

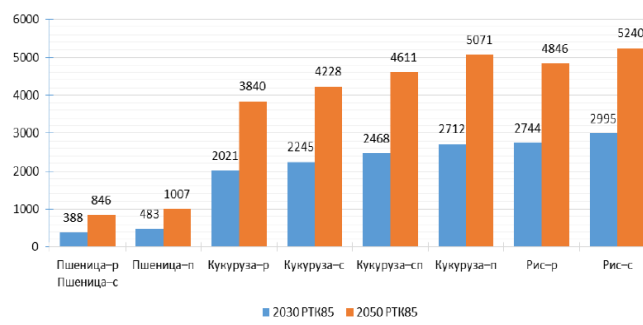


Рисунок 2. Рост оросительной нормы, относительно современных норм, м³/га

ТКЗ при ЮКТГУ были утверждены эксплуатационные запасы в плиоценовых отложениях на 25-летний срок эксплуатации по сумме категорий А+В+С₁ в количестве 7.2 тыс.м³/сут. С момента их утверждения и до настоящего времени эти запасы не используются.

В период с 1975 по 1980 гг. в рамках программы развития орошаемого земледелия за счет подземных вод Талды-Курганской гидрогеологической экспедицией ПГО «Казгидрогеология» в пределах Коскудукской впадины были выполнены поисково-разведочные работы в три

последовательные стадии: детальные поиски, предварительная и детальная разведка подземных вод для орошения земель совхоза «Жоломанский» и колхоза им. Шокана на площади 2169 га, получившего в дальнейшем название «Кербулакское месторождение подземных вод».

Перспективными для орошения были выделены водоносные комплексы ниже-среднечетвертичных и плиоценовых отложений, изолированные друг от друга водупорным слоем мощностью 30-40 м. Водовмещающие породы водоносных комплексов представлены валунно- и гравийно-галечниковыми отложениями с песчаным заполнителем.

Водоносный комплекс четвертичных отложений залегает на глубине от 44.1 м. Общая мощность отложений от 70-200 м на севере до 35-50 м на юге, эффективная мощность 36-71.5 м. Наибольшая водообильность отложений установлена в центральной части месторождения. Дебиты скважин составляют 64.5-68 л/с при понижении уровня на 17.2-12.3 м. Подземные воды пресные с минерализацией 0.5-0.8 г/л, общая жесткость 3.5-6.3 мг-экв/л, сульфатно-гидрокарбонатного натриево-кальциевого состава. Ирригационный коэффициент изменяется в пределах 2-184.6 ед.

Подземные воды плиоценового водоносного комплекса напорные. Пьезометрический уровень устанавливается на глубине 16-26.7 м. Эффективная мощность водоносного комплекса 40-77 м, общая – 110 м. Дебиты скважин по профилю проектного водозабора достигают 60 л/с при понижении уровня на 14.15 м. Минерализация подземных вод изменяется в пределах 0.7-0.9 г/л; воды сульфатно-гидрокарбонатного натриево-кальциевого состава. Ирригационный коэффициент составляет 16.9-187 ед. По качеству воды месторождения пригодны как для орошения, так и для водоснабжения.

ГКЗ СССР были утверждены балансовые эксплуатационные запасы подземных вод в ниже-среднечетвертичных и плиоценовых отложениях Кербулакского месторождения для орошения земель совхоза «Жоломанский» Кербулакского района Талды-Курганской области на 50-летний срок эксплуатации по сумме категорий А+В в количестве 57.1 тыс. м³/сут, в т.ч. в четвертичных отложениях 38.9 тыс. м³/сут, в плиоценовых – 18.2 тыс.м³/сут. Нерасчлененные мелпалеогеновые отложения в процессе проведения этих работ не опробовались.

Разработка Кербулакского месторождения началась в 1984 году. При этом, наряду с участками с утвержденными запасами в разработку были вовлечены и новые участки с неутвержденными запасами, при этом суммарный фактический водоотбор составлял 45-52 тыс.м³/сут, а площадь орошаемых земель – 2373 га. Для орошения 2370 га против заявленных 2169 га извлекалось 45-52 тыс.м³/сут воды, что не превысило общего количества утвержденных запасов.

Вместо обоснованной при утверждении запасов раздельной эксплуатации четвертичного и плиоценового водоносных горизонтов по техническим условиям была принята их совместная эксплуатация.

В период 1986-1988 гг. Талды-Курганской гидрогеологической экспедицией были выполнены работы по доразведке Кербулакского месторождения на новых участках для орошения дополнительно выделенной площади размером 3064 га. Водозаборные участки в преде-

лах месторождения располагались непосредственно на орошаемых площадях.

По результатам полевых и камеральных работ выполнена переоценка всего Кербулакского месторождения, в том числе и ранее разведанных участков, в плиоцен-четвертичных отложениях по сумме категорий А+В+С₁ в количестве 140.2 тыс.м³/сут (при среднегодовом непрерывном водоотборе) для орошения земель совхоза «Жоломанский», колхоза им. Шокана в Талды-Курганской области и совхоза «Алма-Атинский» в Алма-Атинской области.

По результатам моделирования на плиоценовый водоносный горизонт выделены 15 участков для бурения и эксплуатации 30 скважин с общей потребностью 140.2 тыс.м³/сут. Примечательно, что из 15 участков, скважины были пробурены лишь на 8, остальные участки были приняты как проектные. Однако, проектные скважины так и не были пробурены, а эксплуатация подземных вод на участках 1-8 не ведется.

На сегодняшний день разведанные запасы Кербулакского месторождения практически не используются [12].

2. Материалы и методы

В 2014-2015 гг. ТОО «КАЗГИДРОБУРПРОЕКТ» были выполнены разведочные работы с оценкой запасов подземных вод на участке скважин №№ 5494, 5495 (участок «Шенгельды») Кербулакского месторождения для орошения земель I очереди на площади 230 га ТОО «Жетісу-Агро». В процессе разведочных работ были закартированы 4 эксплуатационные скважины №№ 2, 4, 7 и 8. Скважины работают на самоизливе с дебитом 0.2-1.0 дм³/с (рисунок 3).



Рисунок 3. Орошение земель ТОО «Жетісу-Агро» на участке Шенгельды

Непосредственно на участке работ были пробурены 2 разведочно-эксплуатационные скважины №№ 5494 и 5495 глубиной 155 м и 125.5 м, на удалении 104 м друг от друга. В скважинах были проведены геофизические исследования методами электрокаротажа и гамма-каротажа. Опытно-фильтрационное опробование заключалось в проведении опытных одиночных и опытной кустовой откачек. Продолжительность режимных наблюдений на участке работ составила 15 месяцев: посезонно (зима, весна, лето, осень) отбирались пробы воды на сокращенный химический анализ – 14 проб, на соответствие СН РК №209 от 16.03.2015г. – 7 проб, на бактериологический анализ – 1 проба; замерялся уровень и температура подземных вод, а также дебиты самоизливающихся скважин.

3. Результаты и обсуждение

Участок работ расположен в южной краевой части Кербулакского месторождения. Геолого-литологический разрез с поверхности и до глубины 14-16 м представлен делювиально-пролювиальными четвертичными накоплениями, ниже последовательно вскрываются: от 14-16 м до 100-110 м отложения плиоцена, от 100-110 до 138-140 м – нерасчлененные мел-палеогеновые отложения,

залегающие на породах кристаллического фундамента палеозойских пород (рисунок 4).

Образования миоцена в пределах участка смыты, что значительно облегчает вертикальный водообмен между смежными водоносными горизонтами плиоцена и мел-палеогена и дает основание объединить их в единую водоносную систему.

Сопоставляя геологические разрезы центральной и южной краевой частей Коскудукской впадины, очевидно резкое сокращение общей мощности четвертичных отложений, которые в пределах участка работ играют роль не коллектора, а проводника при инфильтрации атмосферных осадков, поверхностного стока временных (сезонных) водотоков и возвратных вод с орошаемых площадей (рисунок 5).

Нижнечетвертичные и среднечетвертичные отложения по аналогичности литолого-фациального строения разреза при проведении поисково-разведочных работ в 1976-1980 гг. объединены в единую гидравлическую систему – водоносный комплекс четвертичных делювиально-пролювиальных отложений (dpQ), который получил повсеместное распространение в пределах Коскудукской межгорной впадины.

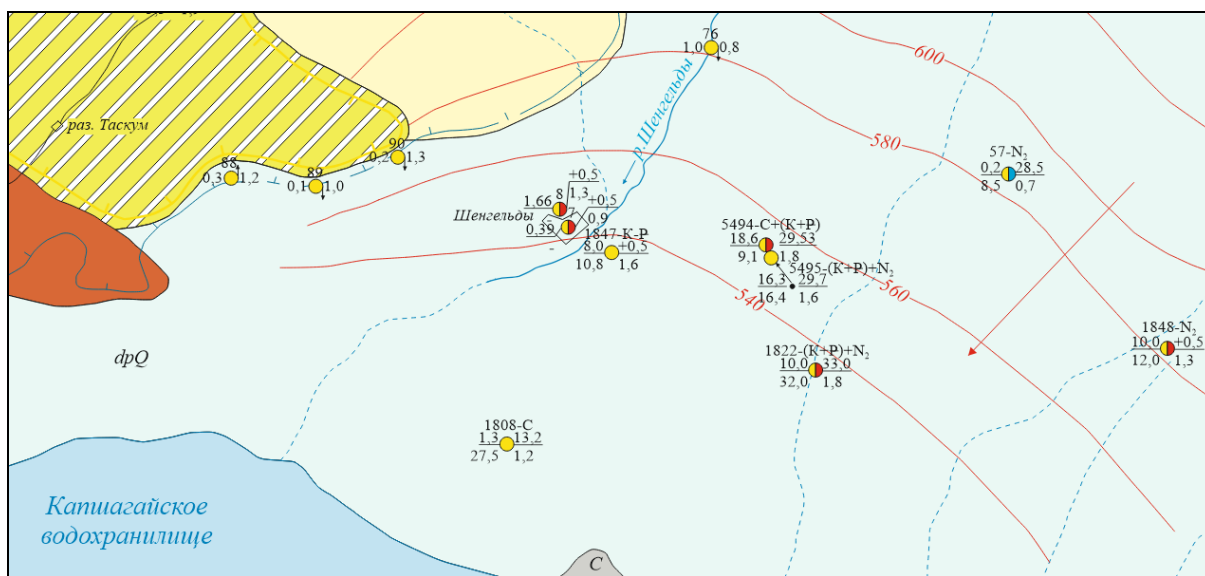


Рисунок 4. Выкопировка из гидрогеологической карты Кербулакского МПВ масштаба 1:100000

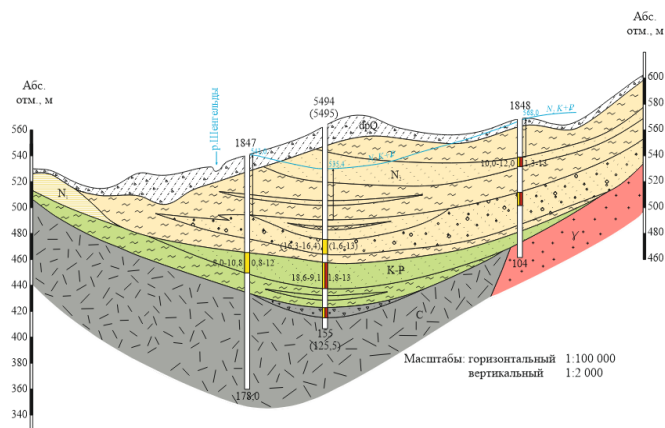


Рисунок 5. Выкопировка из гидрогеологического разреза (Кербулакское МПВ)

Разрез с поверхности на большей части территории представлен валунно-гравийно-галечниками с песчаным заполнителем с включением щебня и дресвы с прослоями и горизонтами суглинков и супесей. В пределах участка работ они сложены, преимущественно, щебнем и дресвой с супесчаным заполнителем.

Общая мощность делюви-пролювия в северной части впадины составляет 70-200 м, эффективная – 57-62 м, уменьшаясь в южном направлении. В пределах участка работ она не превышает 14-16 м.

Подземные воды носят безнапорный характер, глубина залегания грунтовых вод изменяется от 44.0 м на севере впадины уменьшаясь до 3.5-4.0 м юге и юго-западе. Водообильность четвертичных отложений характеризуется дебитами скважин, которые в зависимости от литологического состава водовмещающих пород и их мощности

изменяются от 10-15 $\text{дм}^3/\text{с}$ при понижениях уровня на 5.2-7.8 м до 60-68 $\text{дм}^3/\text{с}$ при понижениях уровня на 12.5-17.0 м.

Подземные воды пресные, минерализация не превышает 0.5-1.0 $\text{г}/\text{дм}^3$, по химическому составу преобладает сульфатно-гидрокарбонатный натриево-кальциевый тип, ирригационный коэффициент >18 , степень осолонцевания отсутствует, температура воды 12-15°C.

Областью питания водоносного комплекса являются склоны горных обрамлений Коскудукской впадины, где наблюдаются активные процессы инфильтрации атмосферных осадков. Непосредственно в пределах впадины пополнение запасов подземных вод происходит благодаря инфильтрации временных водотоков в период интенсивного паводка и сезонных дождей, а в вегетационный период – инфильтрации возвратных вод с поливных площадей.

Водоносный горизонт плиоценовых отложений (N_2) получил повсеместное распространение в пределах Коскудукской межгорной впадины. Разрез представлен переслаиванием водоупорных суглинков и глин с валунно-гравийно-галечниками с песчаным заполнителем и разнородными песками. Общая мощность плиоценовых отложений составляет 220-300 м на севере впадины, постепенно уменьшаясь к центральной части до 120-180 м. В пределах участка работ она не превышает 100-105 м.

Эффективная мощность изменяется от 100-160 м на севере впадины, уменьшаясь до 60-80 м, в пределах участка она составляет 16 м.

Водообильность плиоцена достаточно высокая, дебиты скважин изменяются от 10-15 $\text{дм}^3/\text{с}$ при понижениях 14.0-5.2 м в западной части впадины до 25-30 $\text{дм}^3/\text{с}$ при понижениях 10-15 м в центральной. Подземные воды носят напорный характер, пьезометрические уровни изменяются от 80-120 м в предгорной части впадины до 10-35 м в ее центральной части.

В пределах участка работ плиоценовый водоносный горизонт отдельно не опробовался, поэтому точных сведений о глубине залегания пьезометрического уровня и величине гидростатического напора не получено.

Подземные воды от пресных до слабосоленых, ближе к области питания минерализация составляет 0.5-0.9 $\text{г}/\text{дм}^3$ преобладает гидрокарбонатно-сульфатный натриевый тип, а по мере удаления от нее в южном направлении минерализация увеличивается до 1.3-1.7 $\text{г}/\text{дм}^3$, по химическому составу преобладает сульфатный, реже – сульфатно-хлоридный натриево-кальциевый тип, температура воды 12-16°C.

Питание водоносного горизонта происходит в основном за счет подтока трещинно-жильных вод в местах контакта плиоценовых отложений и палеозойских пород, а также перетоков и выше и ниже лежащих водоносных горизонтов четвертичных и мел-палеогеновых отложений.

Водоносный горизонт мел-палеогеновых отложений ($K-P$) в пределах Коскудукской впадины получил повсеместное распространение.

Водовмещающими являются гравийно-галечники, пески, песчаники, чередующиеся с глинами и алевролитами. Подземные воды напорные, пьезометрические уровни устанавливаются от 65-70 м в краевых частях впадины до 27.5-33.0 м – центральной ее части. В пределах участка работ глубина залегания уровня 30 м, ближе к Капшагайскому водохранилищу отмечаются местные самоизливы, а пьезометрические уровни устанавливаются

на отметке +0.5 м выше поверхности земли. Дебиты скважин в пределах месторождения изменяются от 3.5-5.0 $\text{дм}^3/\text{с}$ при понижениях на 13.1-10.5 м, до 8.0-15.0 $\text{дм}^3/\text{с}$ при понижениях на 11.1-30.0 м соответственно. При совместном опробовании плиоцен-мел-палеогеновой системы дебит скважины №5495 составил 16.3 $\text{дм}^3/\text{с}$ при понижении на 16.4 м.

Минерализация подземных вод мел-палеогеновых отложений увеличивается по направлению движения потока с севера на юг.

В области питания (горные обрамления впадины) минерализация подземных вод составляет 0.4-0.6 $\text{г}/\text{дм}^3$, по химическому составу преобладает гидрокарбонатно-сульфатный кальциевый тип минерализации.

По мере движения в сторону впадины и частого замещения в плане и разрезе водопроницаемых и водоупорных горизонтов, минерализация подземных вод увеличивается от 0.5-0.8 $\text{г}/\text{дм}^3$ в центральной части, а в южной и юго-западной частях увеличивается до 1.4-1.8 $\text{г}/\text{дм}^3$. По химическому составу подземные воды преимущественно сульфатные натриево-магниевые или сульфатно-хлоридные кальциево-натриевые [10].

В пределах участка работ разрез рыхлообломочного чехла представлен плиоценовыми и мел-палеогеновыми отложениями, в которых прослеживается вертикальная гидрохимическая зональность, выражающаяся в увеличении минерализации подземных вод с глубиной. Так в существующих скважинах режимной сети, каптирующих мел-палеоген-плиоценовые отложения ее величина составляет 0.6-1.3 $\text{г}/\text{дм}^3$, в скважине №5495, где совместно опробованы плиоценовые и мел-палеогеновые отложения – она увеличивается до 1.5-1.8 $\text{г}/\text{дм}^3$, а в скважине №5494, при совместном опробовании мел-палеогеновых отложений и водоносной зоны трещиноватости каменноугольных пород ее величина достигает 3.5 $\text{г}/\text{дм}^3$.

По составу преобладает сульфатный, сульфатно-хлоридный натриевый тип минерализации. Повышенная минерализация подземных вод в пределах участка работ связана с лито-фациальными особенностями строения разреза, выражающимися в частом замещении в плане и разрезе водоносных и водоупорных горизонтов, что, в свою очередь, затрудняет процессы водообмена, сокращением общей и эффективной мощности рыхлообломочных отложений, а также значительной его удаленностью от области питания.

В таблице 1 приводится качественная характеристика подземных вод водоносных горизонтов плиоценовых, мел-палеогеновых отложений и водоносной зоны трещиноватости каменноугольных пород.

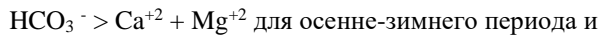
Как видно из таблицы 1 по химическому составу подземные воды плиоценовых, мел-палеогеновых отложений и водоносной зоны трещиноватости каменноугольных пород не соответствуют существующим требованиям, предъявляемым к источникам питьевых вод.

Раньше считали, что минерализация оросительной воды не должна превышать 1-1.5 $\text{г}/\text{л}$, и при этой концентрации солей орошение проводили со всеми мерами, предотвращающими возможность засоления почвы. Теперь на орошение различных сельскохозяйственных культур используют минерализованные воды. Для большинства растений безвредна вода с минерализацией 2-5 $\text{г}/\text{л}$, а для солеустойчивых 10-12 $\text{г}/\text{л}$. Токсичной вода считается при наличии 15-20 $\text{г}/\text{л}$ растворимых солей [14].

Таблица 1. Качественная характеристика подземных вод водоносных горизонтов плиоценовых, мел-палеогеновых отложений и водоносной зоны трещиноватости каменно-угольных пород

№ п/п	Наименование показателя	Единица измерения	Содержание элементов		
			Водоносный горизонт		
			N ₂	(K+P)+N ₂	C+(K+P)
1	Минерализация	мг/дм ³	1259	1571	3867
2	Общая жесткость	мг-экв	7.4	8.1	18.0
3	Водородный показатель		7.8	8.0	7.6
Содержание основных катионов					
4	Натрий +Калий	мг/дм ³	265	342	955
5	Кальций	мг/дм ³	115	115	321
6	Магний	мг/дм ³	20	28	24
Содержание основных анионов					
7	Гидрокарбонаты	мг/дм ³	122	210	49
8	Хлориды	мг/дм ³	231	176	1073
9	Сульфаты	мг/дм ³	465	643	1390

По классификации О.А. Алекина подземные воды мел-палеоген-плиоценовых отложений сульфатно-хлоридные и сульфатные, характеризующиеся соотношением анионов и катионов:



$HCO_3^- < Ca^{+2} + Mg^{+2} < HCO_3^- + fO_4^{-2}$ для летнего периода года.

Среди анионов преобладают сульфаты от 430 до 741 мг/дм³, хлориды от 163 до 255 мг/дм³, гидрокарбонаты от 116 до 214 мг/дм³.

В катионном составе преобладает натрий с концентрацией от 212 до 430 мг/дм³, кальций – от 86 до 125 мг/дм³, магний – от 21 до 30 мг/дм³.

Одним из основных показателей, определяющем пригодность подземных вод для орошения, являются величина ирригационного коэффициента (K_и), расчет которого производится по формулам в зависимости от соотношения анионов HCO₃⁻ и SO₄ и катионов Ca⁺² и Mg⁺².

Для осенне-зимнего периода расчет производится по формуле:

$$K_u = \frac{662}{Na + 0.32Cl - 0.43SO_4},$$

– для летнего периода:

$$K_u = \frac{6620}{Na + 2.6Cl}.$$

В таблице 2 приводятся результаты определения ирригационного коэффициента по разведочно-эксплуатационным скважинам №№5494 и 5495.

Таблица 2. Результаты определения ирригационного коэффициента

№№ скв.	Период года	Содержание компонентов мг/дм ³			Ирригационный коэффициент	Качество воды
		Na	Cl	SO ₄		
5494	осень-зима	430	255	740	23.0	хорошее
5495	лето,	212	163	427	10.4	Удовлетворительное хорошее
	осень-зима	342	176	643	66.2	

Возможность осолонцевания почв определялась по методу Антипова – Каратаева из соотношений:

$$\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{Na^+} > 0.23 \text{ м осолонцевание отсутствует,}$$

$$\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{Na^+} < 0.23 \text{ м возможное осолонцевание.}$$

Ниже в таблице 3 приводятся результаты определения возможности осолонцевания по сезонам года.

Таблица 3. Результаты определения возможности осолонцевания по сезонам года

№ скв. сезон года	Содержание катионов мг-экв/дм ³			$\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{Na^+}$	M, г/дм ³	0,23M, г/дм ³	Опасность осолонцевания
	Na ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²				
5494 осень	18.7	6.25	20.7	1.44	1.8	0.41	отсутствует
5495 осень лето	14.9	5.8	2.3	0.54	1.6	0.36	-/-
	9.2	4.3	2.5	0.73	1.1	0.25	-/-

Ниже приведены расчеты ирригационного коэффициента и опасности осолонцевания почв по результатам анализа пробы воды, отобранной середине августа 2015г. в процессе режимным наблюдений без длительного возбуждения скважины №5494.

В зависимости из соотношения катионов и анионов $HCO_3^- (49 \text{ мг/дм}^3) < Ca^{++} + Mg^{++} (345 \text{ мг/дм}^3) < HCO_3^- + SO_4 (1439 \text{ мг/дм}^3)$ рассчитывался ирригационный коэффициент, который составил 1.8 ед.

Результаты расчетов указывают на опасность осолонцевания и неудовлетворительное качество по ирригационному коэффициенту и минерализации подземных вод, приуроченных к водоносному горизонту коры выветривания каменноугольных отложений, даже при смешении их с более пресными водами вышележащего комплекса в ненарушенных условиях [15].

В процессе разведочных работ на участке «Шенгельды» не было изучено возможное подтягивание минерализованных подземных вод из палеозойских пород при длительном (до 3-4 месяцев) возбуждении, и было принято решение затампировать интервал 135.0-155.0 м в скважине №5494, с целью надежной изоляции зоны открытой трещиноватости палеозойских пород от продуктивного водоносного комплекса мел-палеоген-плиоценовых отложений.

4. Выводы

Подземные воды южной части Кербулакского МПВ не могут быть использованы для хозяйственно-питьевого водоснабжения без предварительной их подготовки. Анализ данных показал, что воды плиоцен-мел-палеогенового водоносного комплекса пригодны для орошения земель без опасности осолонцевания почв, при условии полного исключения поступления в скважины высокоминерализованных трещинно-жилных вод со стороны палеозойских пород.

Для рационального использования водных ресурсов южной части Коскудукской впадины следует повсеместно внедрять водосберегающие технологии орошения культур, которые также способствуют адаптации богарного земледелия к изменению климата. К водосберега-

ющим технологиям можем отнести капельное, внутрипочвенное и орошение распыленной водой (дождевание). Учет гидрометеорологических условий способствует адаптации орошаемого земледелия к ожидаемому изменению климата [16].

Создание оптимального мелиоративного режима, повышения технического уровня оросительных систем, правильное планирование и управление орошением приведут к снижению затрат на эксплуатацию оросительных систем, экономии водных ресурсов, повышению урожайности сельскохозяйственных культур и уровня рентабельности орошаемого земледелия.

Устойчивое развитие орошаемого земледелия Южного региона Казахстана может быть достигнуто путем комплексной реконструкции оросительных систем и внедрения водосберегающих технологий и современной техники полива.

Финансирование

Работа выполнена в рамках программы «Ресурсы подземных вод как основной резерв устойчивого орошаемого земледелия Казахстана» (BR21882211). Авторы выражают благодарность Комитету науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

References / Литература

- [1] Broka, S., Giertz, A., Christensen, G.; Rasmussen, D., Morgounov, A., Fileccia, T., Rubaiza, R. (2016). Kazakhstan Agricultural Sector Risk Assessment. *Agriculture global practice technical assistance paper*. World Bank, Washington, DC. Retrieved from: <http://hdl.handle.net/10986/23763>
- [2] Swarup Dargar, Akarsh Asoka, Vimal Mishra. (2021). Causes and implications of groundwater depletion in India: A review. *Journal of Hydrology*, 596(126103). <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126103>
- [3] Ayesha Y. Ahmad, Mohammad A. Al-Ghouti. (2020). Approaches to achieve sustainable use and management of groundwater resources in Qatar: A review. *Groundwater for Sustainable Development*, 11(100367). <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2020.100367>
- [4] Mukhamedzhanov, M.A., Makyzhanova, A.T., Kulagin, V.V. (2017). The rationale and definition of prospects by the use of groundwater for irrigation, forage production and pastures irrigation of Kazakhstan. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences*, 3(423), 72-83
- [5] Siebert, S., Burke, J., Faures, J. M., Frenken, K., Hoogeveen, J., Döll, P. & Portmann, F. T. (2010). Groundwater use for irrigation - A global inventory. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14(10), 1863–1880. <https://doi.org/10.5194/hess-14-1863-2010>
- [6] Mirlas, V., Makyzhanova, A., Kulagin, V., Kuldeev, E. & Anker, Y. (2021). An integrated aquifer management approach for aridification-affected agricultural area, shengeldy-Kazakhstan. *Water (Switzerland)*, 13(17), 2357. <https://doi.org/10.3390/w13172357>
- [7] Magay, S.D. (2013). Ocenka i tehnologii orosheniya selskohozyajstvennyh kultur na agroekosistemah Yuzhnogo Kazahstana. *Gidrometeorologiya i ekologiya*, (1), 156-163
- [8] National report. (2023). Retrieved from: <https://stat.gov.kz/ru/industries/economy/national-accounts/publications/117664/>
- [9] Seitov, S.K., & Kiselev, S.V. (2021). Economic efficiency of subsidies for irrigated agriculture in Kazakhstan. *International agricultural journal*, 6(384), 110-114. <https://doi.org/10.24412/2587-6740-2021-6-110-114>
- [10] Bajsholanov, S.S. (2019). Vliyanie izmeneniya klimata na agroklimaticheskie usloviya i orositel'nye normy sel'skohozyajstvennyh kultur na yuge Kazahstana. *Proekt PROON/GEF «Razrabotka vos'mogo Nacional'nogo soobshcheniya Respubliki Kazahstan v ramkah RKIK OON i podgotovka dveh (chetvertogo i pyatogo) Dvuhgodichnyh dokladov»*
- [11] National project. Interactive map. Retrieved from: <https://jerkarta.gharysh.kz/ru/map>
- [12] Grehov, V.S., Mozgovoj, A.P. & Toktar, A.T. (2016). Otchet o rezul'tatah razvedki s cel'yu ocenki ekspluatatsionnyh zapasov podzemnyh vod na uchastke skvazhin №№ 5494, 5495 (uchastok «Shengel'dy») Kerbulakskogo mestorozhdeniya dlya orosheniya zemel' I ocheredi TOO «Zhetisu-Agro» Kapshagajskogo g.a Almatinskoy oblasti.
- [13] Shakibaev, I. (2014). Gidrogeologo-meliorativnye aspekty problem oroshaemyh zemel' yuga Kazahstana. *Almaty: LLP «Kontur»*
- [14] Volkova, N.E., Podovalova, S.V., Yunchik, Yu.A. & Manzhos, A.A. (2023). Obosnovanie vybora istochnika orositel'noy vody v stepnoj zone Kryma. *Melioraciya i gidrotehnika*, 13(2), 75–93. <https://doi.org/10.31774/2712-9357-2023-13-2-75-93>
- [15] Xu, P., Feng, W., Qian, H. & Zhang, Q. (2019). Hydrogeochemical characterization and irrigation quality assessment of shallow groundwater in the central-Western Guanzhong basin, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(9), 1492. <https://doi.org/10.3390/ijerph16091492>
- [16] Mustafaev, Zh.S. (2022). Ekologicheskij profil' melioracii sel'skohozyajstvennyh zemel'. *Prirodoobustrojstvo*, (2), 13-22. <https://doi.org/10.26897/1997-6011-2022-2-13-22>

Кербұлақ кен орнының оңтүстік бөлігіндегі жер асты суларын суару мақсатында пайдалану перспективалары

Т.А. Рахимов, Ә.Т. Токтар*, А.А. Нургазиева

У.М. Ахмедсафин атындағы Гидрогеология және геоэкология институты, Алматы, Қазақстан

*Корреспонденция үшін автор: aliya.toktar@gmail.com

Андатпа. Жер асты сулары - маңызды табиғи ресурс және оның Қазақстан экономикасының аграрлық секторы үшін маңызы орасан зор. Су ресурстарының жер үсті көздерінің шектеулілігі жағдайында және климаттың өзгеруіне және аридизацияның өсуіне байланысты Қазақстанның оңтүстік өңірлерінде су ресурстарының тапшылығы барған сайын артып келеді. Қазақстанның оңтүстік-шығыс өңірлерінің климаттық жағдайлары ылғалдың жетіспеушілігімен сипатталады, бұл ирригацияны ауыл шаруашылығы өндірісінің ажырамас бөлігіне айналдырады. Соңғы онжылдықта су ресурстарын басқару мәселелері өзекті болып отыр. Су ресурстарын суарудың қазіргі заманғы технологиялары

арқылы тиімді пайдалану жердің өнімділігін арттыруға және өңірдің азық-түлік қауіпсіздігін нығайтуға ықпал етуі мүмкін. Осы жұмыста Кербұлақ кен орнының оңтүстік бөлігіндегі жер асты суларын жерді суару мақсатында пайдалану жөніндегі зерттеулердің нәтижелері келтіріледі. Қарастырылып отырған кен орны тұщы судың едәуір қорларының болуымен және су сапасының тұрақты деңгейімен сипатталады. Жұмыста жер асты суларын пайдаланудың қазіргі жай-күйіне және қарастырылып отырған ауданда суармалы егіншілікті дамыту перспективаларына талдау жасалды. Мақалада Кербұлақ кен орнының оңтүстік бөлігінің гидрогеологиялық жағдайларын зерделеу нәтижелері ұсынылған, Шеңгелді учаскесінде перспективалы сулы қабаттар бөлінген, жер асты суларының сапасы зерделенген, жер асты суларын әртүрлі қажеттіліктер үшін пайдалану туралы қорытындылар жасалған. Кербұлақ кен орнының жерасты сулары вегетациялық кезең ішінде судың тұрақты түсуін қамтамасыз ете алады, бұл өнімділігі төмен жылдары ауыл шаруашылығы үшін аса маңызды. Алайда, барлық артықшылықтарға қарамастан, суармалы егіншілік топырақтың тозуы, су көздерінің ластануы және сарқылуы сияқты бірқатар сын-қатерлермен бетпе-бет келеді. Сондықтан суармалы аумақтарды басқарудың қазіргі заманғы технологияларды, дәстүрлі білімдерді және орнықты ауыл шаруашылығы практикаларын ықпалдастыруға бағытталған тиімді стратегияларын дамыту және іске асыру маңызды міндет болып табылады.

Негізгі сөздер: суармалы егіншілік, Кербұлақ кен орны, Қосқұдық ойпаты, бор-палеогендік сулы горизонт, жер асты суларының қоры, жер асты суларының минерализациясы.

Перспективы использования подземных вод южной части Кербулакского месторождения для целей орошения

Т.А. Рахимов, А.Т. Токтар*, А.А. Нургазиева

Институт гидрогеологии и геоэкологии имени У.М. Ахмедсафина, Алматы, Казахстан

*Автор для корреспонденции: aliya.toktar@gmail.com

Аннотация. Подземные воды - важный природный ресурс и его значение для аграрного сектора экономики Казахстана огромно. В условиях ограниченности поверхностных источников водных ресурсов и в связи с изменением и возрастанием аридизации климата южные регионы Казахстана все больше испытывают дефицит водных ресурсов. Климатические условия юго-восточных регионов Казахстана характеризуются недостатком влаги, что делает ирригацию неотъемлемой частью сельскохозяйственного производства. В последние десятилетия вопросы управления водными ресурсами становятся всё более актуальными. Эффективное использование водных ресурсов через современные технологии орошения может способствовать увеличению продуктивности земель и укреплению продовольственной безопасности региона. В настоящей работе приводятся результаты исследований по использованию подземных вод южной части Кербулакского месторождения для целей орошения земель. Рассматриваемое месторождение характеризуется наличием значительных запасов пресной воды и стабильным уровнем качества воды. В работе сделан анализ современного состояния использования подземных вод и перспективы развития орошаемого земледелия в рассматриваемом районе. В статье представлены результаты изучения гидрогеологических условий южной части Кербулакского месторождения на участке Шенгельды, выделены перспективные водоносные горизонты, изучено качество подземных вод, сделаны выводы об использовании подземных вод для различных нужд. Подземные воды Кербулакского месторождения могут обеспечивать стабильное поступление воды на протяжении вегетационного периода, что критически важно для сельского хозяйства в неурожайные годы. Однако, несмотря на все преимущества, орошаемое земледелие сталкивается с рядом вызовов, таких как деградация почв, загрязнение и истощение водоисточников. Поэтому важной задачей является развитие и реализация эффективных стратегий управления орошаемыми территориями, направленных на интеграцию современных технологий, традиционных знаний и устойчивых сельскохозяйственных практик.

Ключевые слова: орошаемое земледелие, Кербулакское месторождение, Коскудукская впадина, водоносный горизонт мел-палеогеновых отложений, запасы подземных вод, минерализация подземных вод.

Received: 25 February 2024

Accepted: 15 June 2024

Available online: 30 June 2024