

А.М. Джабасов, А.М. Ерменбай\*, А.Ж. Жакибаева, Ю.Н. Ливинский, Г.Е. Тукешова

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

*\*Автор для корреспонденции: ms.ermenbay@mail.ru*

## **Влияние отбора подземных вод для орошения на их запасы и ресурсы (Юго-Восточное Прибалхашье)**

В настоящее время подземные воды северных предгорий Джунгарского Алатау широко используются для водоснабжения городов, сельских населенных пунктов, обводнения пастбищ. Однако наиболее крупным потенциальным потребителем подземных вод будут являться орошаемые земли. Целью исследования были прогнозная оценка изменения условий формирования подземных вод на подготовленных к орошению участках предгорных равнин Жетысу Алатау, их запасов и ресурсов под влиянием антропогенных процессов — эксплуатации подземных вод для орошения земель; разработка оросительных систем и типовых технологических схем компоновки и размещения оборудования для орошения и способов подачи воды из эксплуатационных скважин на дождевальные машины; рекомендации и оценка перспектив использования подземных вод для орошения земель на аллювиально-пролювиальной равнине северных предгорий Жетысу Алатау. Основная гипотеза данного исследования заключается в предположении о возможности искусственного полива с применением усовершенствованной технологии широкозахватной дождевальной установки, использующей подземные воды. При этом, в первую очередь, рассматривается и анализируется основной источник подачи воды — эксплуатируемый водоносный горизонт, формирование подземных вод, эксплуатационные запасы; во вторую — способы полива земельных угодий. Оценен ресурсный потенциал месторождений подземных вод, разведанных для орошения земель, предложена технология их использования. Основные результаты исследования об улучшении условий водообеспечения орошаемого земледелия при дефиците поверхностных водоисточников с применением дождевальных установок, использующих подземные воды.

*Ключевые слова:* эксплуатационные запасы подземных вод, ресурсы подземных вод, орошение земель, дождевальная техника.

### *Введение*

Научно-исследовательские разработки по эффективному использованию подземных вод в целях устойчивого развития орошаемого земледелия весьма актуальны и своевременны. Орошение земельных угодий играет основную роль в использовании поверхностных и подземных водных ресурсов региона.

Выбранный объект исследований — предгорная равнина северного склона Жетысу Алатау — сложена четвертичными аллювиально-пролювиальными валунно-галечниками и гравийно-галечниками с песчаным заполнителем мощностью от 40 до 200 м на аллювиально-пролювиальной равнине и от 200 до 300 м в конусах выноса. Ниже по разрезу залегают отложения хоргосской, илийской и павлодарской свит неогена. По составу это преимущественно глины с прослоями песков, галечников и гравийно-галечников [1].

Основная цель исследований — оценка влияния эксплуатации подземных вод для орошения земель на их запасы и ресурсы в северных предгорьях Жетысу Алатау. В соответствии с поставленной целью решены задачи прогнозной оценки изменения условий формирования подземных вод на подготовленных к орошению участках предгорных равнин Жетысу Алатау, их запасов и ресурсов под влиянием антропогенных процессов — эксплуатации подземных вод для орошения земель; разработки оросительных систем и типовых технологических схем компоновки и размещения оборудования для орошения и способов подачи воды из эксплуатационных скважин на дождевальные машины; разработаны рекомендации по перспективе использования подземных вод для орошения земель на аллювиально-пролювиальной равнине северных предгорий Жетысу Алатау.

На основе проработки исходных материалов проведен анализ и оценка состояния водоносных горизонтов, распространенных на изученной территории, с описанием основных гидрогеологических параметров (состав и генетический тип водовмещающей толщи, глубины залегания, гидродинамические показатели). Исследование подтвердило предположение о возможности использования подзем-

ных вод для орошения при дефиците поверхностных водоисточников. Применение предложенных дождевальных установок позволяет рекомендовать широкое использование подземных вод для орошения без ущерба их запасам [2].

### *Материалы и методы*

Подземные воды предгорных равнин северного склона Жетысу Алатау пресные (минерализация 0,4–0,7 г/дм<sup>3</sup>), гидрокарбонатно-сульфатные натриево-кальциевые. Общая жёсткость не превышает 4 мг-экв/дм<sup>3</sup>. Величина ирригационного коэффициента 23–220, что говорит о пригодности подземных вод для орошения. Соотношение солей кальция и магния меньше 1, поэтому осолонцевания почв при орошении не ожидается [3]. Водоносный комплекс водообилён — дебиты скважин 40–125 дм<sup>3</sup>/с при понижении уровня воды на 19,6–34,0 м. Водопроницаемость пород высокая — 1022–1718 м<sup>2</sup>/сут, коэффициент пьезопроводности  $(3,7–9,6) \cdot 10^5$  м<sup>2</sup>/сут, коэффициент водоотдачи 0,2–0,24. Фильтрационные свойства водовмещающих пород, за исключением конуса выноса р. Лепсы, характеризуются сравнительной однородностью — коэффициент фильтрации преимущественно составляет 15–25 м/сут (в пределах Лепсинского конуса выноса 18–35 м/сут) [4].

Химический состав воды по результатам гидрогеохимических опробований представлен на графиках в виде диаграмм Пайпера, Дурова и в соотношении минерализации к наличию сульфатов (рис. 1). Обработка результатов геохимических опробований выполнена с помощью программного комплекса AquaChem 11, WaterlooHydrogeologic, Канада.

Приведенный анализ свидетельствует о наличии и распространении различных по степени минерализации и пестроте состава подземных вод: в основном это пресные и слабосоленоватые воды с минерализацией до 3,2 г/л, преимущественно гидрокарбонатные кальциевые и натриевые, реже гидрокарбонатно-сульфатные, сульфатно-хлоридные кальциевые и натриевые.

На площади предгорного шлейфа северного склона Жетысу Алатау, являющегося основной областью питания подземных вод Южно-Прибалхашского артезианского бассейна, в результате интенсивной фильтрации поверхностных вод из русел рек, оросительных каналов, и с полей орошения, инфильтрации атмосферных осадков, притока подземных вод со стороны гор формируются мощные грунтовые потоки, основное направление движения которых на север и северо-запад [5]. Значительный уклон (от 0,02 до 0,007), короткие пути фильтрации и высокие фильтрационные свойства водовмещающих пород объясняют большую скорость потока (до 100–340 м/год) и позволяют отнести этот район к зоне весьма активного водообмена со временем водообмена 100–200 лет [6]. Частичная разгрузка подземных вод осуществляется в виде родников, а также по эрозионным врезам, где подземный поток выклинивается, образуя многочисленные речки «карасу», среднегодовой сток которых достигает 1,5–2,0 м<sup>3</sup>/с [7].

Анализ общего водного баланса рассматриваемой территории на ненарушенный период позволил сделать следующие выводы:

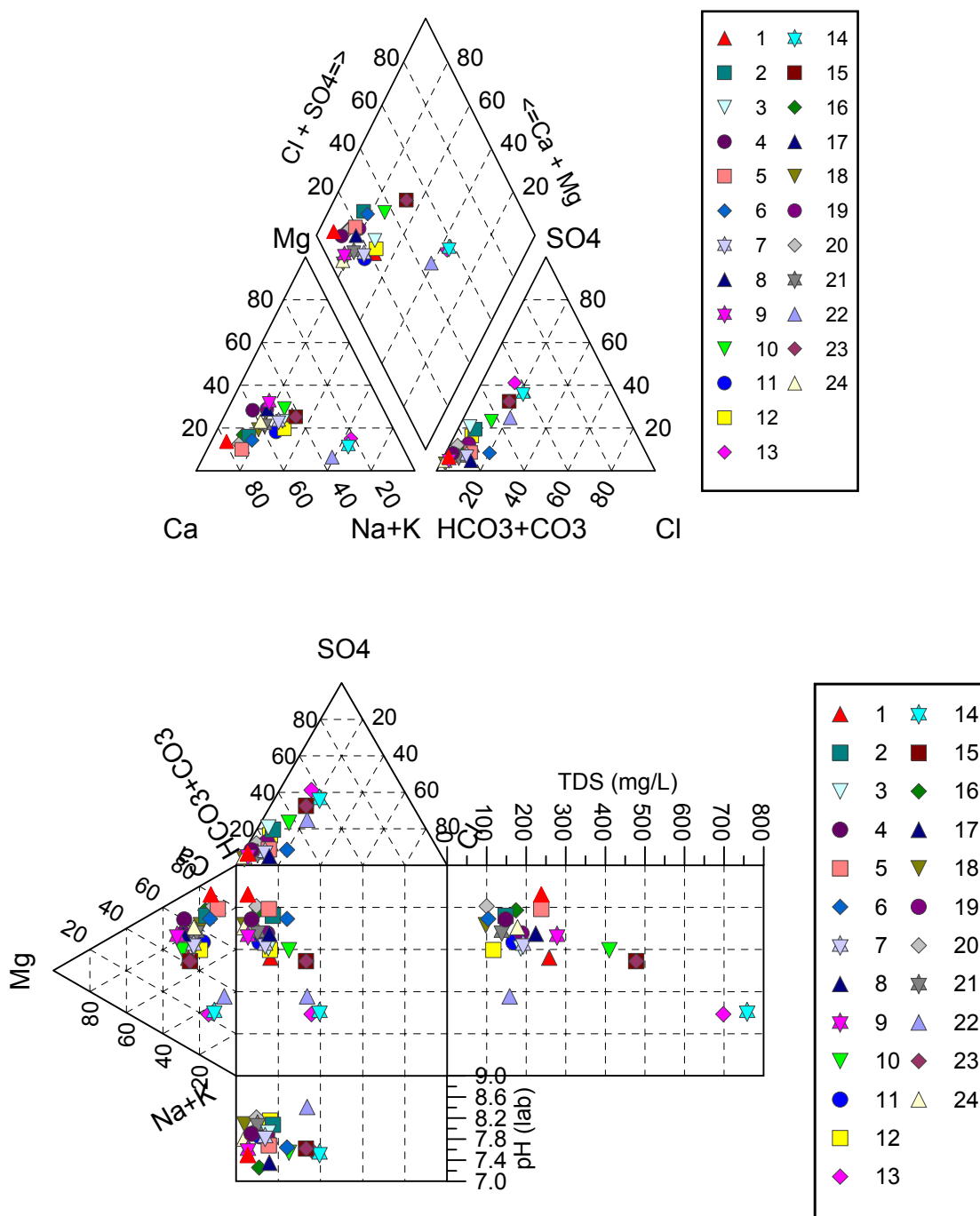
1. На площади предгорного шлейфа происходят интенсивное поглощение поверхностных вод, особенно по конусам выноса рек, инфильтрация атмосферных осадков, фильтрация поливных вод из ирригационных каналов и с полей орошения [8].

2. Средневзвешенный модуль подземного стока на предгорном шлейфе равен 17 дм<sup>3</sup>/с с 1 км<sup>2</sup> для восточной части Южно-Прибалхашского бассейна, по конусам выноса он составил 45 дм<sup>3</sup>/с с 1 км<sup>2</sup>.

3. Общая величина питания подземных вод (ежегодно возобновляемые ресурсы) по предгорному шлейфу северного склона Жетысу Алатау составляет 24,79 м<sup>3</sup>/с.

4. В целом подземный поток формируется из следующих составных частей: фильтрационные потери из русел рек — 7,44 м<sup>3</sup>/с (30 %), подземный сток с гор — 3,72 м<sup>3</sup>/с (15 %), инфильтрация атмосферных осадков — 2,48 м<sup>3</sup>/с (10 %), фильтрационные потери из каналов — 6,19 м<sup>3</sup>/с (25 %) и с полей орошения — 4,96 м<sup>3</sup>/с (20 %).

5. Средний расход потока по периферии предгорного шлейфа составляет 150 дм<sup>3</sup>/с на 1 погон. км, при этом значительная часть приходится на конусы выноса рек Лепсы и Баскан.



Условные обозначения: ▲ 1 — содержание химического элемента в пробе, цифра справа соответствует номеру пробы, отобранной в области

Рисунок 1. Диаграмма химического состава проб подземных вод

Прогнозные (потенциальные) региональные эксплуатационные ресурсы подземных вод четвертичных отложений конусов выноса составляют около 35 м<sup>3</sup>/с [7]. Модуль их изменяется от 250 до 900 м<sup>3</sup>/сут с 1 км<sup>2</sup>, при этом наибольший модуль отмечается вблизи областей питания у предгорий Жетысу Алатау.

Эксплуатационные запасы подземных вод в рассматриваемом районе установлены в результате детальных поисково-разведочных работ, проведённых Талды-Курганской гидрогеологической экспе-

дицией Мингео КазССР. Разведаны Молалинское и Аксуское месторождения подземных вод, состоящие из нескольких более мелких месторождений. Разведанные эксплуатационные запасы подземных вод четвертичных отложений Молалинского месторождения по сумме категорий составляют 5,3 м<sup>3</sup>/с. Общая сумма эксплуатационных запасов подземных вод Аксуского месторождения для условий прерывистой работы водозаборов только в вегетационные периоды составила 14,63 м<sup>3</sup>/с. Они обеспечены естественными ресурсами, равными 24,79 м<sup>3</sup>/с.

В целом на данной территории разведанные эксплуатационные запасы подземных вод достигают 113 м<sup>3</sup>/с, в том числе для нужд орошения земель разведано 12,6 м<sup>3</sup>/с подземных вод. Этого количества достаточно для обеспечения 20–25 тыс. га земель. В настоящее время в пределах северных предгорий Жетысу Алатау имеется 12 подготовленных к орошению подземными водами участков общей площадью 4105 га: Кольтабан, Кызылагашский, Жансугуров, Жанакогамский, Кызылтуский, Косагашский, Каракозский, ОХ КИЗа, свх. Карабугет, Валиханов, Бакалинский, Карабугетский. Однако освоение земель идет медленными темпами, что вызвано сомнениями отдельных водохозяйственных организаций в целесообразности использования подземных вод на орошение, особенно там, где они тесно связаны с поверхностными, а также тем, что результаты гидрогеологического обоснования использования подземных вод не всегда подтверждаются практикой эксплуатации подземных вод на полях орошения.

*Способы орошения.* На описываемой территории аллювиально-пролювиальных равнин, учитывая опыт орошения земель в прошлые годы, рекомендуется применять дождевальным способом орошения подземными водами при помощи широкозахватной поливальной машины «Фрегат» типа ДМУ–463–90 с длиной плеча 463 м, расходом воды 90 л/с и интенсивностью дождя 0,31 мм/мин. Производительность «Фрегата» за 1 ч работы при норме подачи воды 300 м<sup>3</sup>/ч равна 1,13 га. Обычно одной скважиной поливается площадь 72 га. Скважины в основном оборудуются погружными электронасосами типа ЭЦВ–10–210–85 и ЭЦВ–12–210–85.

Однако в каждой скважине есть свои особенности компоновки оборудования для орошения подземными водами. Компоновка сооружений зависит от проектировщиков, которые в конкретных гидрогеологических условиях предлагают ту или иную технологическую схему их размещения. При этом существует несколько схем подачи воды из эксплуатационных скважин во «Фрегат»: 1) в скважинах более раннего проектирования предусматривается подача воды непосредственно из скважин на «Фрегат» без использования ёмкости для накопления воды. При этом невозможно регулировать расходы «Фрегата»; 2) у некоторых скважин более позднего проектирования и строительства сооружаются ёмкости-бассейны для накопления воды, которая затем при помощи дизельных компрессоров под давлением в 6 атм подаётся на «Фрегат». Иногда вода из нескольких скважин подаётся в один бассейн-накопитель.

В состав оросительной системы при заборе и подаче воды непосредственно из скважины на «Фрегат» входят: 1) скважина диаметром 325 мм с дырчатым фильтром диаметром 219 мм, с латунной сеткой; 2) насос электрический погружной с расходно-напорными характеристиками, соответствующими работе «Фрегата»; 3) дождевальная машина «Фрегат»; 4) дизельный компрессор; 5) напорный трубопровод, уложенный в траншею на глубину 1,0–1,5 м и подающий воду от компрессора к «Фрегату»; 6) домик для размещения пульта управления, вспомогательного оборудования и стола для оператора.

В состав оросительной системы при заборе воды и подаче на «Фрегат» из аккумулирующего бассейна входят: 1) скважина или группа скважин, из которых вода подаётся в бассейн-накопитель; 2) трубопровод, соединяющий скважину (скважины) и аккумулирующую ёмкость; 3) бассейн-накопитель (аккумулирующая ёмкость) объёмом 800–900 м<sup>3</sup> при одной скважине и до 2000 м<sup>3</sup> при 2–3-х скважинах; 4) насосы на каждую скважину, аналогичные описанным выше; 5) дизельный компрессор; 6) напорный трубопровод, подающий воду из бассейна-накопителя во «Фрегат»; 7) дождевальная машина «Фрегат»; 8) домик для обслуживающего персонала, размещения пульта управления и вспомогательного оборудования.

Обычно одной дождевальной машиной поливается площадь 72 га. Всего на северном предгорье Джунгарского Алатау в настоящее время подготовлено к орошению подземными водами 4105 га земель (12 участков) и имеется 55 скважин, которые могут эксплуатироваться для этих целей.

*Влияние использования подземных вод для орошения на их запасы и ресурсы.* Результаты режимных наблюдений Института гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина и исследований предыдущих лет позволили установить общие и основные закономерности формирования подземных

вод в естественных, ненарушенных хозяйственной деятельностью человека, условиях. В последующие годы изучались вопросы влияния орошения на величину подземного стока [9]. Однако исследования влияния эксплуатации подземных вод водозаборами на подземный стоки, следовательно, на их запасы и ресурсы остались слабоизученными. Это было связано, главным образом, с отсутствием на действующих водозаборах подземных вод режимной наблюдательной сети, которая и сейчас имеется только на отдельных крупных водозаборах.

На рассматриваемой территории имеется 55 скважин, которые могут быть использованы для орошения земель и которыми за вегетационный период в зависимости от выращиваемых сельскохозяйственных культур и оросительных норм можно будет отбирать порядка 35–40 млн м<sup>3</sup> подземных вод. В межвегетационный период из некоторых скважин самоизливается 2,77 млн м<sup>3</sup>. Общий водоотбор на массивах орошения будет составлять около 45–50 млн м<sup>3</sup> в год.

Однако следует отметить, что, по данным наших исследований, большинство действующих скважин в прошлые годы работали как одиночные водозаборы. Они использовались для орошения небольших участков и, как правило, каптируют первые от поверхности водоносные горизонты, работали не круглые сутки, неравномерно, расход их измерялся несколькими десятками литров в секунду. Кроме этого, отдельные скважины имели разные расходы при разведке месторождения и при конкретном освоении массива орошения. Так, при разведке месторождения «Кольтабан» дебиты разведочно-эксплуатационных скважин изменялись от 19 до 120 л/с, а при эксплуатации на орошаемом массиве они изменялись от 48,4 до 84,9 л/с. Обычно расходы скважин при эксплуатации подземных вод ниже, чем при разведочных работах, на 20–30 %. Это объясняется кольматацией фильтра и заменой насосов на менее производительные во время ремонта.

Для изучения влияния эксплуатации водозаборных скважин на запасы и ресурсы подземных вод рассматриваемой территории нами использованы результаты режимных наблюдений за уровнем воды на всех перспективных для орошения подземными водами участках. Они проводились в течение 5 лет с частотой замера 1–2 раза в месяц. Кроме того, они сопровождались одноразовыми наблюдениями за режимом работы существовавших эксплуатационных скважин и восстановлением уровня воды в них после откачки в течение суток. По результатам наблюдений строились графики восстановления и колебания уровня подземных вод (рис. 2).

Уровненный режим в условиях эксплуатации подземных вод для орошения в вегетационный период (апрель–октябрь) имел следующий характер изменения. Во время откачки из скважин с дебитом 50–80 л/с, которая обычно длится 12 ч (с 9 до 21 ч), происходит резкое снижение уровня воды на 8–12 м. Затем в ночное время он частично восстанавливается, причем наиболее интенсивно (скорость составляет 0,1–0,2 м/с) в первые 5–10 мин. Далее скорость подъема уровня воды падает до 0,0005 м/с и последние сантиметры восстанавливаются в течение нескольких часов.

Кроме того, в течение вегетационного периода на отдельных участках орошения происходит сработка упругих запасов подземных вод (перестают самоизливаться многие скважины, и уровни в них устанавливаются ниже поверхности земли).

В целом же за вегетационный период на орошаемом массиве северных предгорий Жетысу Алатау в результате интенсивного отбора подземных вод происходило общее снижение их уровня на 6–10 м. При этом максимальное понижение уровня подземных вод наблюдалось в сентябре. Затем наступает осенне-зимний период, когда дождевые механизмы не работают и подземные воды не эксплуатируются. В этот период, охватывающий октябрь–апрель, уровни подземных вод постепенно восстанавливались и к концу апреля достигали своей первоначальной отметки. Далее, в связи с началом отбора подземных вод на влагозарядковый полив, цикл повторяется снова.

Таким образом, если водоносные горизонты на участках орошения эксплуатируются только в вегетационный период, причем только в дневные часы, то в остальное время (суток и года) происходит восполнение запасов подземных вод. При этом расход водозабора зависит от режима водопотребления. Так, например, на орошаемом участке «Кольтабан» в апреле, в начале вегетации различных сельскохозяйственных культур, общий водозабор подземных вод составлял 250–300 тыс. м<sup>3</sup> в месяц, а в середине вегетации, то есть в мае–августе — 300–1100 тыс. м<sup>3</sup>/месяц. В конце вегетационного периода (сентябрь–октябрь) количество извлекаемой подземной воды составляло 310–625 тыс. м<sup>3</sup>/месяц. С октября до середины марта скважины не эксплуатируются, происходит восполнение ресурсов подземных вод.

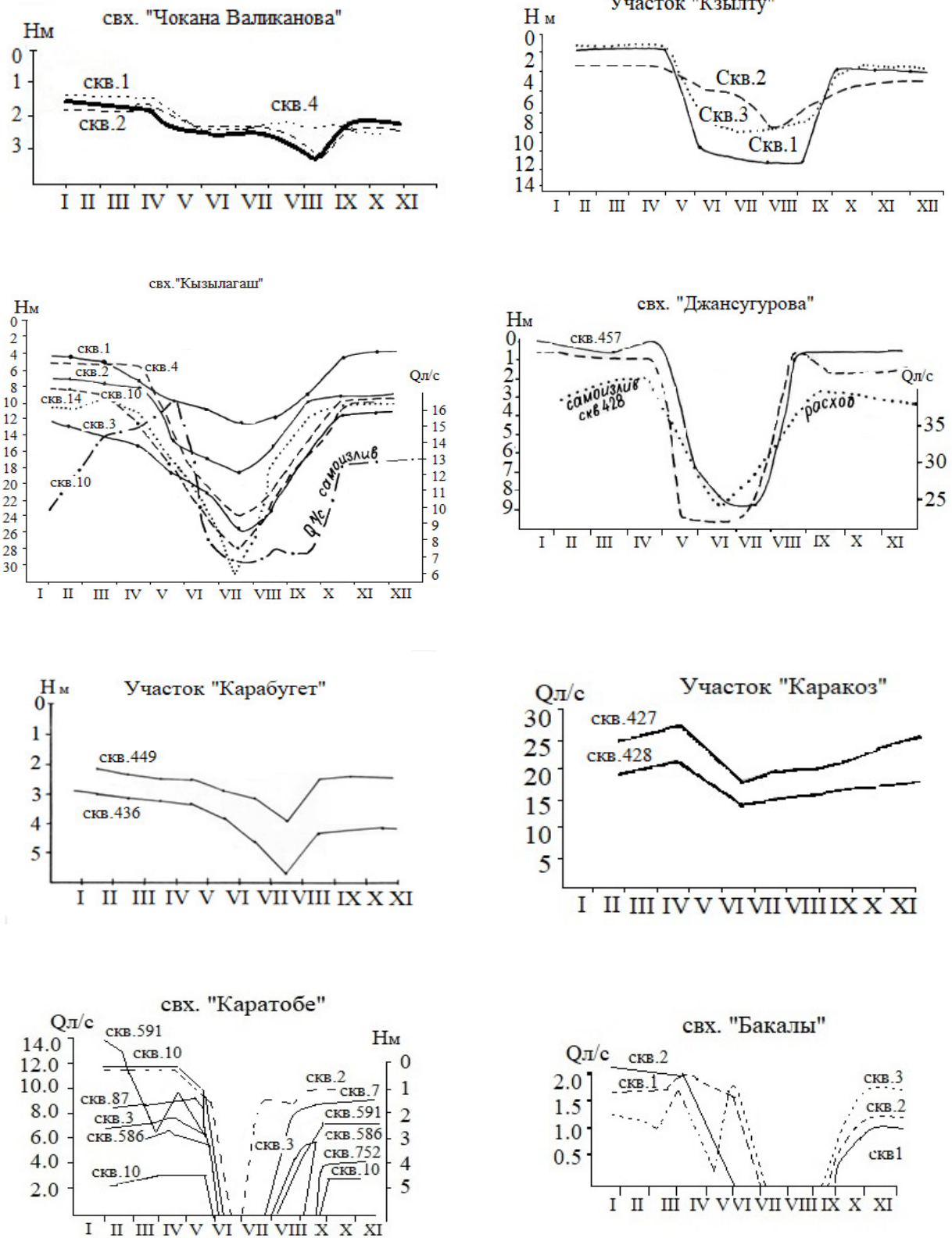


Рисунок 2. Восстановление и колебания уровня подземных вод

Общее количество подземной воды, отбираемой за вегетационный период (апрель–октябрь), достигало 2585 тыс.м<sup>3</sup>. Образовавшаяся в результате эксплуатации подземных вод воронка депрессии достигала максимальной величины в июле, в период максимального водоотбора. К концу года депрессионная воронка несколько уменьшалась (рис. 1) и в феврале она полностью заполнялась. Наибольшая глубина залегания подземных вод наблюдается в юго-восточной части участка. Здесь не ожидается вторичное засоление грунтов. Наиболее близко уровни грунтовых вод подходят к дневной поверхности в северной и северо-западной частях участка. Здесь возможно вторичное засоление грунтов. Для предотвращения этого необходимо провести режимные наблюдения за уровнем воды и затем возможно предусмотреть дополнительный дренаж [10].

Весьма незначительный отбор подземных вод на водоснабжение населенных пунктов, обводнение пастбищ и сезонная и в то же время не круглосуточная их эксплуатация для орошения, как показали наши научные исследования и многолетние режимные наблюдения, не влияют на величину запасов подземных вод рассматриваемой территории. Это обусловлено благоприятными гидрогеологическими условиями: а) высокими фильтрационными свойствами водовмещающих отложений (коэффициент фильтрации колеблется от 15 до 35 м/сут); б) довольно высокими значениями коэффициента водопроводимости (достигает 1718 м<sup>2</sup>/сут), коэффициента уводнепроводности (1,3•10<sup>4</sup> м<sup>2</sup>/сут), способствующими развитию небольшой зоны распространения и радиуса влияния депрессионной воронки и быстрым её восполнением (радиус воронки депрессии не превышает 0,5 км) после откачки; в) постоянством мощности подземного потока; г) незначительным общим региональным понижением уровня подземных вод даже при интенсивной их эксплуатации для орошения земель; д) мощным и постоянным источником формирования эксплуатационных запасов подземных вод, которыми являются в основном ежегодно возобновляемые ресурсы (24,79 м<sup>3</sup>/с).

Исходя из понижения уровня подземных вод и уменьшения мощности водоносного горизонта в вегетационный период, можно рассчитать уменьшение естественных запасов подземных вод на орошаемых участках по формуле 1:

$$\Delta V = \mu \cdot F \cdot \Delta h , \quad (1)$$

где  $\mu$  — водоотдача;  $F$  — площадь орошаемого участка;  $\Delta h$  — изменение (понижение) уровня воды.

Расчет произведен по всем орошаемым подземными водами участкам. Результаты расчетов сведены в таблице.

Т а б л и ц а

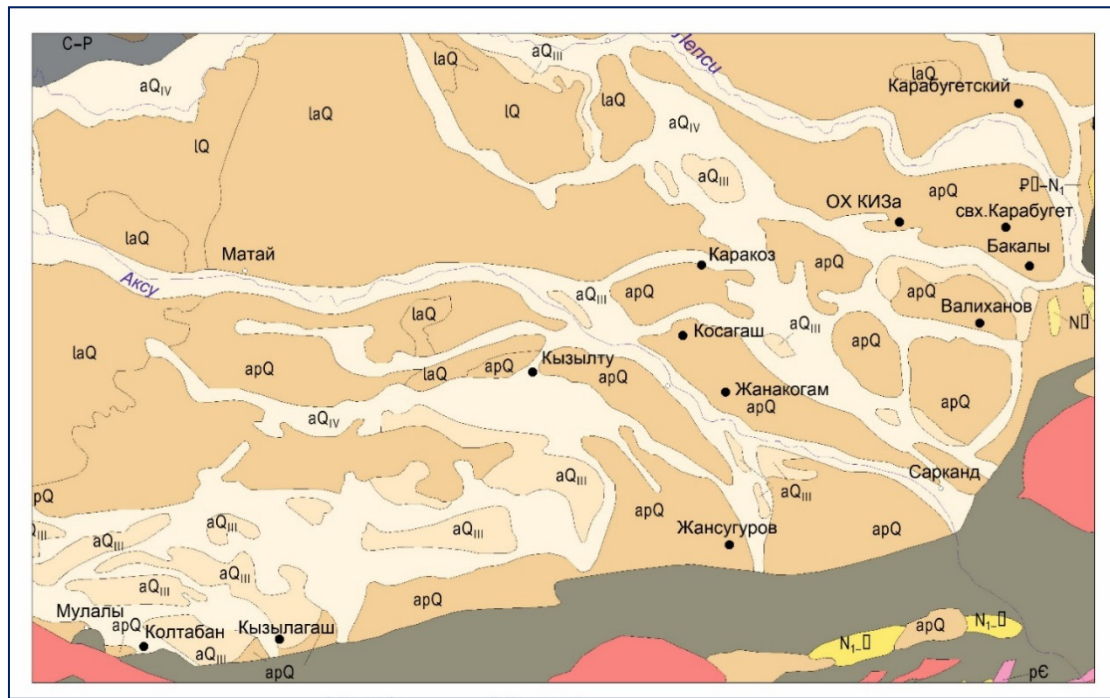
**Изменение запасов подземных вод под влиянием их отбора на орошение**

Перспективные участки орошения	Орошаемая площадь, га	Водоотбор за вегетационный период, млн м <sup>3</sup>	Уменьшение запасов подземных вод, млн м <sup>3</sup> /год
Кольтабан	864	5,52	5,44
Кызылагашский	514	9,65	9,6
Жансугуров	210	2,75	2,73
Жанакогамский	220	0,41	0,4
Кызылтуский	216	3,42	3,4
Косагашский	144	0,3	0,3
Каракозский	144	0,21	0,12
ОХ КИЗа	144	0,32	0,3
свх. Карабугет	870	8,22	8,0
Валиханов	347	0,97	0,9
Бакалинский	216	2,0	1,93
Карабугетский	216	0,94	0,7
<b>ИТОГО</b>	<b>4105</b>	<b>34,71</b>	<b>33,82</b>

Величина изменения запасов подземных вод, используемых для орошения, близка к количеству отобранной воды. Эта величина полностью восполняется за межвегетационный период.

Таким образом, для орошения перспективных участков на предгорном шлейфе северных предгорий Жетысу Алатау будет извлекаться 34,71 млн м<sup>3</sup> подземной воды, орошается площадь 4105 га. При этом уменьшение запасов подземных вод будет составлять 33,82 млн м<sup>3</sup> в год (рис. 3, табл. 1).





## Условные обозначения:

Водоносные горизонты и комплексы

$aQ_{IV}$  — аллювиальные современные  
 $aQ_{III}$  — аллювиальные верхнечетвертичные  
 $laQ$  — озерно-аллювиальные четвертичные  
 $apQ$  — аллювиально-пролювиальные четвертичные

Орошаемые участки

- |                  |                   |
|------------------|-------------------|
| 1. Кольтабан     | 7. Каракозский    |
| 2. Кызылагашский | 8. ОХ КИЗа        |
| 3. Жансугуров    | 9. свх. Карабуget |
| 4. Жанакогамский | 10. Валиханов     |
| 5. Кызылтуский   | 11. Бакалинский   |
| 6. Косагаишский  | 12. Карабуgetский |

Рисунок 3. Перспективные участки орошения

## Результаты

Научные исследования, проведенные на предгорном шлейфе северных предгорий Жетысу Алатау, позволили сделать следующие выводы:

1. Создание массивов орошения с использованием подземных вод экономически целесообразно и является резервом для создания прочной кормовой базы животноводства.
2. Почвенно-климатические и гидрогеологические условия рассматриваемой территории позволяют применить широкозахватную дождевальную технику, наиболее удовлетворяющую требованиям оазисного орошения.
3. Установленный режим орошения путём определения суммарного водопотребления биоклиматическим методом наиболее полно удовлетворяет потребность растений в воде.
4. Применение промывного режима орошения значительно улучшает мелиоративное состояние земель.
5. Опыт эксплуатации и использования подземных вод для орошения на предгорной равнине северного склона Жетысу Алатау показывает, что запасы подземных вод не истощаются, несмотря на интенсивный водоотбор. Возобновление их происходит частично в ночное время, когда дождевальные машины не работают, и в межвегетационный период. Образовавшаяся за лето депрессионная воронка полностью восстанавливается в зимнее время.
6. Исследование подтвердило предположение о возможности использования подземных вод для орошения при дефиците поверхностных водоисточников. Применение предложенных дождевальных установок позволяет рекомендовать широкое использование подземных вод для орошения без ущерба их запасам.



### Заключение

Выполненный прогноз показал, что при значительном увеличении площади орошаемых земель и интенсивной эксплуатации подземных вод на орошение уменьшатся их естественные запасы, произойдет перераспределение основных источников питания подземных вод, то есть, по-видимому, уменьшится роль инфильтрации атмосферных осадков вследствие увеличения глубины залегания уровня подземных вод, фильтрация поверхностных (речных вод) будет осуществляться преимущественно в зимний период только на реках, имеющих постоянный сток (Аксу, Лепсы), увеличится фильтрация поверхностных вод на полях орошения и из оросительных, магистральных каналов в результате возрастания их площадей и протяженности каналов, произойдет постепенное перемещение, а затем исчезновение зон интенсивной разгрузки подземных вод в виде источников типа «Карасу», сокращение эвапотранспирации в зоне выклинивания, величины глубокого подземного стока, стока с гор, равная на разных участках 4–11 м<sup>3</sup>/с, останутся без изменений.

Исследование подтвердило предположение о возможности использования подземных вод для орошения при дефиците поверхностных водоисточников. Применение предложенных дождевальных установок позволяет рекомендовать широкое использование подземных вод для орошения без ущерба их запасам.

Региональные гидрогеологические исследования по установлению закономерностей формирования, размещения подземных вод и многолетний опыт изучения использования их для орошения показывают, что ресурсы подземных вод рассматриваемой территории позволяют дальнейшее расширение площадей орошаемых земель. Предгорные равнины Жетысу Алатау являются наиболее перспективными для развития орошаемого земледелия по всем показателям. Здесь распространены мощные водоносные горизонты, приуроченные к четвертичным аллювиально-пролювиальным валунно- и гравийно-галечникам с наиболее производительными скважинами (до 80–100 л/с при понижении уровня воды на 10–45 м) и высоким качеством воды. Разведанные эксплуатационные ресурсы подземных вод достигают 113 м<sup>3</sup>/с.

Результаты исследования имеют не только научное, но и прикладное значение, позволяющее применить их на практике непосредственно на массивах орошения. К примеру, на массиве орошения правобережье р. Лепсы, где разведано Шиликтинское месторождение подземных вод, и на левобережье, где для орошения используются, в основном, поверхностные воды. Базой для орошения этих площадей может служить Аксу-Лепсинское месторождение подземных вод. Здесь можно орошать до 5 тыс. га земель. Однако при улучшении КПД оросительной системы, применении дождевальной техники площади орошения могут быть увеличены почти вдвое или же уменьшено водопотребление поверхностных вод. Так, только по Аксускому району Жетысуской области площади орошения возможно довести к 2040 г. до 30–35 тыс. га.

*Источник финансирования научной статьи: программно-целевое финансирование по научным, научно-техническим программам – BR21882211-OT-23 «Ресурсы подземных вод как основной резерв устойчивого орошаемого земледелия Казахстана».*

### Список литературы

- 1 Шапиро С.М. Подземные воды Южного Прибалхашья / С.М. Шапиро. — Алма-Ата: Наука, 1980. — 128 с.
- 2 Yermenbay A. Prospects of water supply with fresh groundwater under anthropogenic impact conditions / A. Yermenbay, L. Shagarova, M. Absametov, S. Osipov // GEOLINKS International Conference. — 2020. — P. 281–289. <https://doi.org/10.32008/GEOLINKS2020/B1/V2/29>
- 3 Сыдыков Ж.С. Прогнозные эксплуатационные ресурсы подземных вод предгорных шлейфов Джунгарского Алатау и перспективы их освоения / Ж.С. Сыдыков, А.К. Джакелов // Оценка и рациональное использование ресурсов подземных вод. — М., 1980. — С. 174–154.
- 4 Ахмедсафин У.М. Территориальное распределение ресурсов подземных вод Казахстана / У.М. Ахмедсафин, М.Х. Джабасов. — Алма-Ата, 1979. — 152 с.
- 5 Ахмедсафин У.М. Подземные воды Казахстана — резерв орошаемого земледелия / У.М. Ахмедсафин, М.Х. Джабасов. — Алма-Ата: Наука, 1988. — 127 с.
- 6 Fronzi D. The Role of Faults in Groundwater Circulation before and after Seismic Events: Insights from Tracers, Water Isotopes and Geochemistry / D. Fronzi, F. Mirabella, C. Cardellini, S. Caliro, S. Palpacelli, C. Cambi, D. Valigi, A. Tazioli // Water. — 2021. — Vol. 13(11). — P. 1499. <https://doi.org/10.3390/w13111499>

- 7 Beetle-Moorcroft F. Exploring conceptual models of infiltration and groundwater recharge on an intermittent river: The role of geologic controls. *Journal of Hydrology* / F. Beetle-Moorcroft, M. Shanafield, K. Singha // *Regional Studies*. — 2021. — Vol. 35. — Article ID 100814. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100814>
- 8 Jagannathan K. An approach to demarcate Ground water potential zones through Remote Sensing and Geographic Information System / K. Jagannathan, N.V. Kumar, V. Jayaraman, M. Manivel // *International Journal of Remote Sensing*. — 1996. — Vol. 17. — P. 1867–1884. <https://doi.org/10.1080/01431169608948744>
- 9 Osipov S. Regularities of Formation of Fresh Underground Waters of the Akmla Region / S. Osipov, Y. Livinsky, A. Yermenbay // *17th International Multidisciplinary Scientific GeoConferences SCGEM*. — 2017. — Vol. 17. — P. 678–691.
- 10 Peng L. Impact of Flooding on Shallow Groundwater Chemistry in the Taklamakan Desert Hinterland: Remote Sensing Inversion and Geochemical Methods / L. Peng, Q.-D. Shi, Y.-B. Wan, H.-B. Shi, Y.-J. Kahaer, A. Abudu // *Water*. — 2022. — Vol. 14 (11). <https://doi.org/10.3390/w14111724>.

А.М. Джабасов, А.М. Ерменбай, А.Ж. Жакибаева, Ю.Н. Ливинский, Г.Е. Тукешова

### Суару үшін жерасты суларын іріктеу және олардың қорлар мен ресурстарға әсері (Оңтүстік–Шығыс Балқаш өңірі)

Қазіргі уақытта Жоңғар Алатауының солтүстік етегіндегі жерасты сулары қалаларды, ауылдық елді мекендерді сумен қамтамасыз ету, жайылымдарды суару үшін кеңінен пайдаланылады. Дегенмен, жерасты суларының ең үлкен әлеуетті тұтынушысы суармалы жерлер. Зерттеудің мақсаты Жетісу Алатауының тау бөктеріндегі жазықтардағы суаруға дайындалған учаскелеріндегі жерасты суларының қалыптасу жағдайларының өзгеруін, олардың қорлары мен антропогендік процестердің әсерінен ресурстарын — жерасты суларын суару үшін пайдалануды болжамды бағалау; суару жүйелерін және суару жабдықтарын орналастыру және орналастырудың типтік технологиялық схемаларын және пайдалану ұңғымаларынан суды жаңбырлатқыш қондырғыларға беру тәсілдерін әзірлеу; Жетісу Алатауының солтүстік бөктеріндегі аллювиалды-пролювийлік жазықтағы жерлерді суару үшін жерасты суларын пайдалану перспективаларына ұсыныстар мен баға беру. Зерттеудің негізгі гипотезасы жерасты суларын пайдаланатын кең таралған жаңбырлату жүйесінің жетілдірілген технологиясын қолдана отырып, жасанды суару мүмкіндігін болжау. Бұл ретте, ең алдымен, сумен қамтамасыз етудің негізгі көзі — пайдаланылатын сулы горизонт, жерасты суларының қалыптасуы, пайдалану қорлары қарастырылған және талданған; екіншіден, жерді суару әдістері. Зерттеу әдістері: қарастырылатын аумақтың жалпы су балансының элементтерін есептеу әдістемесі мен талдауы; Жетісу Алатауының солтүстік баурайындағы тау етегіндегі шлейфтің төрттік шөгінділерінің жерасты суларының барланған пайдалану қорларын және аллювиалды желдеткіштердің жыл сайын жаңартылатын жерасты суларының ресурстарын бағалау әдістемесі (қайта толтыру мөлшері); жоспарлы бақылауларды (мониторинг) жүргізу және талдау әдістемесі, қолданылатын жабдықтың конструкциясының толық сипаттамасы мен жерасты суларымен суарудың жаңбырлату әдісі. Жерді суару үшін барланған жерасты сулары кен орындарының ресурстық әлеуеті бағаланып, оларды пайдалану технологиясы ұсынылды. Жерасты суларын пайдаланатын жаңбырлату қондырғыларын қолдана отырып, жерүсті су көздерінің тапшылығы кезінде суармалы егіншілікті сумен қамтамасыз ету жағдайларын жетілдіру зерттеудің негізгі нәтижелері.

*Кілт сөздер:* жерасты суларының эксплуатациялық қорлары, жерасты суларының ресурстары, жерді суару, жаңбырлату технологиясы.

А.М. Dzhabasov, A.M. Ermenbay, A.Zh. Zhakibaeva, Yu.N. Livinsky, G.E. Tukesheva

### The Impact of Groundwater Withdrawal for Irrigation on Its Reserves and Resources (South-Eastern Balkhash region)

Currently, groundwater from the northern foothills of the Dzungarian Alatau is widely used for water supply of cities, rural settlements, and pasture irrigation. However, the largest potential consumer of groundwater will be irrigated lands. The objective of the research: predictive assessment of changes in the conditions of groundwater formation in areas of the foothill plains of Zhetysu Alatau prepared for irrigation, their reserves and resources under the influence of anthropogenic processes — exploitation of groundwater for land irrigation; development of irrigation systems and typical process flow charts for the layout and placement of irrigation equipment and methods of water supply from production wells to sprinkler machines; recommendations and assessment of the prospects for using groundwater for irrigation of lands on the alluvial-proluvial plain of the northern foothills of Zhetysu Alatau. The main hypothesis of this study is the assumption of the possibility of artificial irrigation using an improved technology of a wide-capture sprinkler system using groundwater. In this case, first of all, the main source of water supply is considered and analyzed — the exploited aquifer.

fer, the formation of groundwater, and operational reserves; secondly — methods of irrigation of land. Research methods: methodology and analysis of calculating the elements of the general water balance of the territory under consideration; methodology for assessing the explored operational reserves of groundwater in the Quaternary deposits of the foothill apron of the northern slopes of Zhetysu Alatau and annually renewable resources of groundwater in alluvial fans (recharge value); methodology for conducting and analyzing regime observations (monitoring), a method of sprinkling irrigation with groundwater with a detailed description of the design of the equipment used. The resource potential of groundwater deposits explored for land irrigation is estimated, and a technology for their use is proposed. The main results of the study are about improving the conditions of water supply for irrigated agriculture with a deficit of surface water sources using sprinkler systems that use groundwater.

*Keywords:* operational reserves of groundwater, groundwater resources, land irrigation, sprinkler equipment.

## References

- 1 Shapiro, S.M. (1980). *Podzemnye vody Yuzhnogo Pribalkhashia [Ground water of the Southern Balkhash region]*. Alma-Ata: Nauka [in Russian].
- 2 Yermenbay, A., Shagarova, L., Absametov, M., & Osipov, S. (2020). Prospects of water supply with fresh groundwater under anthropogenic impact conditions. *GEOLINKS International Conference*, 281–289. DOI: 10.32008/GEOLINKS2020/B1/V2/29
- 3 Sydykov, Zh.S., & Dzhakelov, A.K. (1980). Prognoznye ekspluatatsionnye resursy podzemnykh vod predgornyykh shleifov Dzhungarskogo Alatau i perspektivy ikh osvoeniia [Predicted operational resources of groundwater in the foothill plumes of the Dzungarian Alatau and prospects for their development]. *Otsenka i ratsionalnoe ispolzovanie resursov podzemnykh vod — Assessment and rational use of groundwater resources*. Moscow: Nauka [in Russian].
- 4 Akhmedsafin, U.M., & Dzhabasov, M.H. (1979). *Territorialnoe raspredelenie resursov podzemnykh vod Kazakhstana [Territorial distribution of groundwater resources in Kazakhstan]*. Alma-Ata: Nauka [in Russian].
- 5 Akhmedsafin, U.M., & Dzhabasov, M.H. (1988). *Podzemnye vody Kazakhstana — rezerv oroshaemogo zemledeliia [Ground water of Kazakhstan — a reserve for irrigated agriculture]*. Alma-Ata: Nauka [in Russian].
- 6 Fronzi, D., Mirabella, F., Cardellini, C., Caliro, S., Palpacelli, S., Cambi, C., Valigi, D., & Tazioli, A. (2021). The Role of Faults in Groundwater Circulation before and after Seismic Events: Insights from Tracers, Water Isotopes and Geochemistry. *Water*, 13(11); 1499. <https://doi.org/10.3390/w13111499>
- 7 Beetle-Moorcroft, F., Shanafield, M., & Singha, K. (2021). Exploring conceptual models of infiltration and groundwater recharge on an intermittent river: The role of geologic controls. *Regional Studies*, 35; 100814, <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100814>
- 8 Jagannathan, K., Kumar, N.V., Jayaraman, V., & Manivel, M. (1996). An approach to demarcate Ground water potential zones through Remote Sensing and Geographic Information System. *International Journal of Remote Sensing*, 17; 1867–1884. <https://doi.org/10.1080/01431169608948744>.
- 9 Osipov, S., Livinsky, Y., & Yermenbay, A. (2017). Regularities of Formation of Fresh Underground Waters of the Akmola Region. *17th International Multidisciplinary Scientific Geo Conferences SCGEM*, 17; 678–691.
- 10 Peng, L., Shi, Q.-D., Wan, Y.-B., Shi, H.-B., Kahaer, Y.-J., & Abudu, A. (2022). Impact of Flooding on Shallow Groundwater Chemistry in the Taklamakan Desert Hinterland: Remote Sensing Inversion and Geochemical Methods. *Water*, 14(11); 1724. <https://doi.org/10.3390/w14111724>

## Information about the authors

**Dzhabasov Abai Maratovich** — Candidate of geological and mineralogical sciences, Head of the Groundwater Resources Laboratory, Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U.M. Akhmedsafin, Almaty, Kazakhstan; e-mail: [jabassov.abai@mail.ru](mailto:jabassov.abai@mail.ru);

**Ermenbay Arai Musakizy** — Researcher, Groundwater Resources Laboratory, Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U.M. Akhmedsafin, Almaty, Kazakhstan; e-mail: [ms.ermenbay@mail.ru](mailto:ms.ermenbay@mail.ru);

**Zhakibaeva Aigerim Zhanatovna** — Master of science in hydrogeology and engineering geology, Junior researcher, Laboratory of Groundwater Resources, Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U.M. Akhmedsafin, Almaty, Kazakhstan; e-mail: [zhakibaeva8@gmail.com](mailto:zhakibaeva8@gmail.com);

**Livinsky Yuri Nikolaevich** — Candidate of geological and mineralogical sciences, Lead researcher, Laboratory of Groundwater Resources, Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U.M. Akhmedsafin, Almaty, Kazakhstan; e-mail: [livinskii\\_yur@mail.ru](mailto:livinskii_yur@mail.ru);

**Tukeshova Gulziza Esirkepovna** — Candidate of geological and mineralogical sciences, Lead researcher, Laboratory of Groundwater Resources, Institute of Hydrogeology and Geoecology named after U.M. Akhmedsafin, Almaty, Kazakhstan; e-mail: [tgulziza@mail.ru](mailto:tgulziza@mail.ru).