

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 3, Number 423 (2017), 161 – 174

V. Kulagin, D. Umbetaliev, Y. Auelkhan, A. Makyzhanova, D. Karataev

Kazakh national research technical university after K. I. Satpayev, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: vitali_kulagin@mail.ru, ergali_79@mail.ru, asyl_m_74@mail.ru, d.karataev@list.ru

GROUNDWATER WATER-SALT BALANCE OF SHENGELDY IRRIGATED LANDS USING WATER-SAVING TECHNOLOGIES

Abstract. In conditions of increasing water resources scarce, as well as taking into account the geomorphological and climatic features of the southern regions, the use of water-saving technologies for irrigation is very important and relevant.

The role of groundwater as an important component of the biosphere is particularly high in arid zones and is the main factor in determining the estimation of meliorative state of irrigated lands. Underestimation of groundwater value for the design and operation of irrigation systems in complex can worsen the hydrological and engineering-geological conditions of irrigated lands. The analysis of the regime and balance of groundwater is of particular importance.

The impact of land reclamation on groundwater has led to a significant change on water-salt balance on Shengeldy irrigated lands on the Southern part of the Ile-Balkhash basin.

Hydrogeological and meliorative studies on the massif were carried out with the purpose of studying the features of the formation of the level-salt regime of groundwater in the conditions of applying water-saving technologies.

The study of groundwater level-salt regime formation in conditions of application of water-saving technologies and calculations of the water-salt balance of groundwater are made using reliable materials of field observations.

The results of the performed analytical and research work allowed to characterize the effect of introduction on the array of drip irrigation systems on the dynamics of the hydrochemical regime of groundwater.

The results of the work performed can be used for a comparative assessment of the formation of groundwater hydrochemical regime in the areas of irrigation in furrows and drip irrigation, the dynamics of changes in groundwater reserves, in the short-term forecast of soil salinization processes under the influence of irrigation on hydro-reclamation systems, salt regime of groundwater and rocks of aeration zone.

The parameters of study in the composition with calculations of the water-salt balance of irrigated lands and groundwater was based on modern methods and technological approaches existing in the domestic practice with reference to the topic of work.

Key words: groundwater, groundwater inflow, outflow of groundwater, water balance, salt balance.

УДК 556.32

В. В. Кулагин, Д. Б. Умбеталиев, Е. С. Ауелхан, А. Т. Макызжанова, Д. С. Каратаев

НАО «Казахский национальный исследовательский университет им. К. И. Сатпаева», Алматы, Казахстан

ВОДНО-СОЛЕВОЙ БАЛАНС ГРУНТОВЫХ ВОД НА ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЛЯХ ШЕНГЕЛЬДИНСКОГО МАССИВА В УСЛОВИЯХ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. Воздействие мелиорации на грунтовые воды привело к значительному изменению составляющих водохозяйственного баланса Шенгельдинского массива в Южном Прибалкашье Иле-Балкашского бассейна.

Изучение особенностей формирования уровенно-солевого режима грунтовых вод в условиях применения водосберегающих технологий и расчеты водно-солевого баланса грунтовых вод выполнены с использованием достоверных материалов натурных наблюдений.

Результаты выполненных аналитических и исследовательских работ позволили дать характеристику влияния внедрения на массиве систем капельного орошения на динамику гидрохимического режима грунтовых вод.

Ключевые слова: грунтовые воды, приток подземных вод, отток подземных вод, водный баланс, солевой баланс.

Введение. В условиях нарастающего дефицита водных ресурсов, а также с учетом геоморфологических и климатических особенностей южных регионов, применение водосберегающих технологий полива является очень важным и актуальным.

С 2006 года по инициативе Министерства сельского хозяйства реализуется программа, предусматривающая внедрение современных технологий полива в южных областях республики.

С каждым годом в Алматинской области увеличиваются площади, на которых применяются системы с водосберегающими технологиями [1].

К 2017 году планируется довести площади с системой капельного орошения до 5200 га и дождевания до 6184 га.

Каждый из перечисленных вариантов может быть эффективен только в определенных условиях. В связи с этим, как особо выделено в принятой Государственной программе управления водными ресурсами Казахстана, крайне важно укреплять принципы интегрированного управления водными ресурсами.

На современном этапе эксплуатации оросительных систем, когда водность источников орошения стабильно снижается, особенно в бассейнах трансграничных рек, проблема устойчивого развития орошаемого земледелия решается за счет внедрения экологически безопасных водосберегающих технологий полива.

В значительной степени это относится и к Алаколь-Балкашскому водному бассейну, который занимает обширную территорию на юго-востоке Казахстана, в пределах которого расположен Шенгельдинский массив орошения, где в последние годы активно внедряются такие прогрессивные системы и технологии полива как капельное орошение с оросительной и запорной арматурой израильского, китайского и отечественного производства (рисунок 1–3).

Гидрогеолого-мелиоративные исследования на массиве проводились с целью изучения особенностей формирования уровенно-солевого режима грунтовых вод в условиях применения водосберегающих технологий.



Рисунок 1 – Израильская система капельного орошения
Figure 1 – Drip irrigation system in Israel



Рисунок 2 – Китайская система капельного орошения
Figure 2 – Chinese drip irrigation system



Рисунок 3 –
Технология капельного орошения
в яблоневом саду

Figure 3 –
Technology of drip irrigation
in the apple orchards

При проведении исследований были подобраны исходные и получены расчетные данные приходных и расходных статей водного баланса орошаемых земель и грунтовых вод на Шенгельдинском массиве по оросительным системам насосных станций с использованием достоверных результатов натурных наблюдений [2, 3].

Изучение параметров в составе исследований и расчеты водно-солевого баланса орошаемых земель и грунтовых вод основывались на существующих в отечественной практике современных методов и технологических подходов применительно к теме работы [4-6].

Шенгельдинский массив орошения расположен на северном побережье Капшагайского водохранилища, в 40 км от административного центра г. Капшагай.

Источником орошения земель являются поверхностные воды р.Иле, аккумулированные в Капшагайском водохранилище. Вода самотеком поступает в аванкамеры насосных станций и затем под напором подается в закрытую напорную сеть, потом по лоткам и распределительным трубопроводам доставляется на поля.

Для полива сельскохозяйственных культур забирается ежегодно от 71 до 65 млн м³ оросительной воды, а объем водоподачи изменяется от 56 до 45 млн м³. При этом фактические потери поливной воды на оросительных системах ежегодно составляют не менее 20 млн м³.

На массиве активно внедряются водосберегающие технологии полива.

Капельное орошение успешно внедряется на Шенгельдинском массиве в ТОО «Нур-агро», где на участках орошения с посевами лука, картофеля, а также в яблоневых садах используется технология и оборудование израильского и китайского производства.

В 2010 году капельная технология полива на Шенгельдинском массиве применялась на площади 233га (под сады - 100 га, лук - 100 га, остальная площадь – под овощи). В настоящее время эти площади увеличились почти в 2 раза и составляют 900 га (НС №1-280 га, НС № 2 - 60 га, НС №3 П - 50га, НС №4 - 510 га). 550 га (под сады – 100 га, лук – 250 га, сахарную свеклу – 100 га, зерновые – 100 га).

Интересным представляется опыт выращивания яблонь на массиве с помощью капельного орошения. Массив орошения находится в аридной зоне и характеризуется резкоконтинентальным климатом, с большим перепадом температур и где активно развита ветровая деятельность. Но благодаря этой технологии, за эти годы яблоневый сад укрепился и уже дает первые урожаи.

Расчеты водно-солевого баланса. Анализ и оценка гидрогеологических условий орошаемых земель базируется на гидрогеологическом районировании территории, выделении генетических типов режима грунтовых вод и типизации на этой основе орошаемых земель по степени сложности мелиоративного освоения с целью обоснования необходимости мероприятий по регулированию режима грунтовых вод [7].

Расчеты водно-солевого баланса позволяют выявлять направленность изменений гидрогеолого-мелиоративных условий и давать оценку процессам влаго-солеобмена в зоне аэрации [8].

Граничные условия для расчета водного и солевого баланса Шенгельдинского массива определены по гидродинамическим блокам, исходя из естественных и искусственных водоразделов: западная граница: по естественному водоразделу – река Шенгельдинка от с. Шенгельды до впадения ее в искусственный водораздел-Капшагайское водохранилище, северная граница – вдоль побережья Капшагайского водохранилища от головных водозаборных сооружений и насосных станций № 2–6. В восточном направлении границы расчетных блоков водного баланса определены по зонам обслуживания орошаемых земель насосными станциями и естественным водоразделам - высохшим и имеющим временный сток руслам рек (рисунок 4).

Фильтрационная схема включает верхние водоносные горизонты в отложениях неогена Илийской свиты и подземные воды в четвертичных отложениях, которые залегают близко к поверхности земли и которые представляют значительный интерес для целей мелиорации.

Основными источниками питания водоносного горизонта подземных вод являются инфильтрация поливных вод в период орошения и в меньшей степени - фильтрация атмосферных осадков.

По результатам гидрогеологических наблюдений установлено, что на Шенгельдинском массиве орошения сложился ирригационный тип режима грунтовых вод. Для него характерен повсеместный подъем УГВ в вегетационный период и сработка сформировавшегося купола ирригационно-грунтовых вод в межвегетационный период.



Рисунок 4 – Карта фактического материала Шенгельдинского массива орошения

Figure 4 – Map of the actual material on Shengeldy irrigation massif

На орошаемых землях массива в предвегетационный период грунтовые воды залегают на глубинах 3,06-9,73 м. Наибольшего подъема УГВ достигают в июле-августе. По окончании поливного периода отмечается постепенное снижение уровня, которое продолжается до весны следующего года.

На массиве преобладают грунтовые воды с минерализацией от 1 до 3 г/дм³. По химическому составу воды преимущественно сульфатные.

Разгрузка водоносного горизонта происходит подземным стоком в Капшагайское водохранилище. Не исключено, что нижняя часть горизонта питает подземные воды неогеновых отложений. В южной части участка, вдоль побережья Капшагайского водохранилища, наблюдаются выходы подземных вод в виде мочажин и болот. Здесь же обильно представлены растения гидрофиты в виде тростника.

Ниже четвертичных отложений залегают породы неогенового возраста, представленные плотными глинами с прослоями конгломератов и песчаников на глинисто-карбонатном цементе [9]. Вода содержится в прослоях и линзах среди преобладающих глинистых отложений.

Для участка исследований характерен ирригационный тип режима, тесно связанный с режимом орошения, фильтрационными свойствами покровной толщи и зоны насыщения, естественной и искусственной дренированностью территории, а также с уровнем Капшагайского водохранилища, являющегося региональной областью разгрузки подземных вод.

В условиях полупустынного климата и близкого залегания уровня грунтовых вод не менее важным фактором являются процессы испарения и транспирации [10].

Формирование режима подземных вод определяется из балансовых соотношений приходных и расходных статей общей водной массы, которые дополнительно осложнены в граничных условиях участка исследований весьма значительной антропогенной нагрузкой на экосистему, связанную с орошаемым земледелием с высокой долей водопотребления.

Определение элементов составляющих водного баланса выполнялось с применением как прямых, так и косвенных методов, раздельно по выделенным в пределах естественных и искусственных водоразделов гидрогеологических блоков, показанным на схематической карте фактического материала Шенгельдинского массива орошения. При расчетах использованы отчетные материалы и режимные наблюдения РГУ Зональный гидрогеолого-мелиоративный центр МСХ РК,

собственные составленные картографические материалы и графики, а также данные водохозяйственных органов и метеостанции Капшагай.

Водный баланс рассчитан по формуле:

$$П + А + С_{п} = С + S_{и} (И_{з} + И_{м} + И_{т} + И_{о} + И_{н} + И_{д} + И_{в}) + S_{о} + S_{у},$$

где П - объем подачи оросительных вод, млн м³; А - величина атмосферных осадков, выпавших на расчетную площадь млн м³; С - объем дренажно-сбросного стока, млн м³; S_и - величина эвапотранспирации, млн м³; И_з - испарение с посевов зерновых культур, млн м³; И_м - испарение с посевов многолетних трав, млн м³; И_т - испарение с посевов технических культур, млн м³; И_о - испарение с посевов овощных и бахчевых культур, млн м³; И_н - испарение с поверхности залежи и неиспользуемых земель, млн м³; И_д - испарение с поверхности внутрихозяйственных дорог, млн м³; И_в - испарение с водной поверхности каналов и коллекторов, млн м³; S_о - величина оттока грунтовых вод за пределы массива, млн м³; S_п - приток грунтовых вод, млн м³; S_у - объем воды, поступившей в зону аэрации за счет инфильтрации оросительных вод, млн м³.

Исходные и расчетные данные приходных и расходных статей водного баланса приведены в сводной таблице 1.

Приходные статьи баланса:

Атмосферные осадки. Объем атмосферных осадков, выпавших на расчетную площадь в целом массива орошения и по расчетным блокам, составил из нижеследующего расчета:

437,5 мм (количество выпавших осадков за 2016 год) × 10⁴ × 2408,0 га (орошаемая площадь расчетного балансового блока насосной станции №2) + 437,5 мм × 3498,2 га (НС-3) + 437,5 мм × 2775,8 га (НС-4) + 437,5 мм × 2787,9 га (НС-5) + 437,5 мм × 2638,2 га (НС-6) = 10 535 000 + 15 304 625 + 12 143 250 + 12 197 062 + 11 542 125 м³ = 61 722 062 м³ или 61,7 млн м³.

Объем водоподачи. Объем подачи оросительных вод за вегетационный период 2016 года составил 44,7 млн м³ (таблица 2).

Приток подземных вод. Приток грунтовых вод рассчитывался по формуле:

$$S_{п} = J \times B \times T \times 150,$$

где J - гидравлический уклон зеркала грунтовых вод, рассчитанный по построенной карте гидроизогипс, глубин залегания и минерализации грунтовых вод на конец вегетационного периода (рисунок 5); B - ширина потока, м; T - водопроницаемость, м²/сут;

$$T = H \times K,$$

где H - мощность водоносного горизонта, м; K - коэффициент фильтрации, м/сут; 150 - продолжительность вегетационного периода в соответствии с рекомендованным режимом орошения районированных для условий Шенгельдинского массива сельскохозяйственных культур).

Расчет параметров для определения притока грунтовых вод выполнен с использованием отчетных материалов РГУ ЗГГМЦ и фондовых материалов, ранее проведенных в пределах изучаемого объекта гидрогеологических исследований и государственной гидрогеологической съемки масштаба 1:200 000, по гидродинамическим блокам, исходя из естественных и искусственных водоразделов.

Расходные статьи баланса. К расходным статьям водного баланса, как указывалось выше, относятся объем дренажно-сбросного стока, величина эвапотранспирации, величина оттока грунтовых вод за пределы массива и объем воды, поступившей в зону аэрации за счет инфильтрации оросительных вод, млн м³.

Для обеспечения регулирования водно-солевого режима почв и создания требуемого мелиоративного режима орошаемых земель, сохранения и улучшения плодородия почв обустраивается коллекторно-дренажная сеть.

На Шенгельдинском массиве отвод дренажных вод изначально предусматривался коллекторами, которые проложены по контуру земель, обслуживаемых НС № 2, 3 и 4. Собираемая ими дренажная вода должна была поступать в пруд-накопитель и в аванкамеры этих насосных станций. Общая протяженность этих коллекторов составляет 10,895 км.

Таблица 1 – Исходные и расчетные данные приходных и расходных статей водного баланса орошаемых земель и грунтовых вод на Шенгельдинском массиве по оросительным системам насосных станций

Table 1 – Initial and calculated data of income and expenditure items for water balance on irrigated lands of Shengeldy irrigation massif pumping stations

Исходные и расчетные данные приходных статей водного баланса		Наименование расчетного блока					Итого
		оросительная система насосной станции №2	оросительная система насосной станции №3	оросительная система насосной станции №4	оросительная система насосной станции №5	оросительная система насосной станции №6	
Валовая площадь, га		3091,6	4547,4	4024,9	3484,3	3429,9	18578,1
Орошаемая площадь, га		2408,0	3498,2	2775,8	2787,9	2638,2	14108,1
Из них используется (приложение 1)		1879,2	3146,0	1275,0	430,0	980,0	7710,2
В том числе под посевы (приложение 2)	сои	498	987	20	157	290	1952
	многолетних трав	164	351	80	64	153	812
	однолетних трав	–	200	–	–	–	200
	зерновых	376	497	256	–	249	1153,9
	сахарной свеклы	211,8	260	–	50	118	639,8
	лука	399,5	259	484	174	475	1791,5
	кукурузы на зерно	5	–	350	–	221	576
	кукурузы на силос	8	200	–	–	–	208
	картофеля	11	26	53	5	37	132
бахчевых	113	3	9	–	125	145	
Количество выпавших атмосферных осадков, тыс. м ³ (приложение 3)		10535	15303	12140	12197	11541	61722
Объем воды, поданной на полив (нетто), тыс. м ³ (приложение 4)		15835,5	16222,2	5207,0	2293,16	5135,14	44693
Расчетная площадь притока подземных вод, тыс. м ²		24080	34982	27758	27879	26382	141081
Средневзвешенный гидравлический уклон грунтовых вод за вегетационный период (приложение 5)		0,0047	0,0096	0,0094	0,0098	0,012	0,0091
Водопроницаемость водоносного горизонта, м ² /сут (приложение 6)		72	70	88	84	74	78
Исходные и расчетные данные расходных статей водного баланса:		Оросительная система насосной станции №2	Оросительная система насосной станции №3	Оросительная система насосной станции №4	Оросительная система насосной станции №5	Оросительная система насосной станции №6	Итого
Объем дренажного стока (по данным замеров на коллекторах), млн. м ³		1,2	–	–	–	–	1,2
Величина эвапотранспирации, млн м ³ (приложение 7)		11,61	14,99	13,41	15,96	19,31	88,2
Средняя объемная влажность грунтов зоны аэрации (приложение 8)		0,55	0,52	0,50	0,55	0,52	0,53
Средняя величина спада УГВ за межвегетационный период, м (приложение 9)		0,28	0,22	0,18	0,14	0,16	0,18
Расчетная площадь оттока подземных вод, тыс. м ²		24080	34982	27758	27879	26382	141081
Средневзвешенный гидравлический уклон грунтовых вод на послевегетационный период (приложение 10)		0,0045	0,0085	0,0045	0,0125	0,012	0,0084

Таблица 2 – Объем воды, поданной на полив (нетто), тыс. м³Table 2 – Net volume of water supplied for irrigation, thous. m³

Исходные и расчетные данные приходных статей водного баланса	Наименование расчетного блока					Итого
	оросительная система насосной станции №2	оросительная система насосной станции №3	оросительная система насосной станции №4	оросительная система насосной станции №5	оросительная система насосной станции №6	
Объем воды, поданной на полив (нетто), тыс. м ³ (приложение 4)	15835,5	16222,2	5207,0	2293,16	5135,14	44693

Таблица 3 – Метеорологические условия Шенгельдинского массива орошения по метеостанции «Капшагай» за 2015–2016 гидрологический год

Table 3 – Meteorological conditions on Shengeldy irrigation massif at “Kapsagai” weather station for 2015–2016 hydrological year

Месяц	2015г.		2016г.										Сумма
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	
Температура воздуха, °С	4,1	-0,5	-1,3	-2,3	8,4	14,2	17,2	23,8	23,3	24,5	20,9	7,5	
Атмосферные осадки, мм	40,9	25,5	31,0	6,7	25,4	57,5	82,4	33,8	84,3	1,8	12,7	35,5	437,5

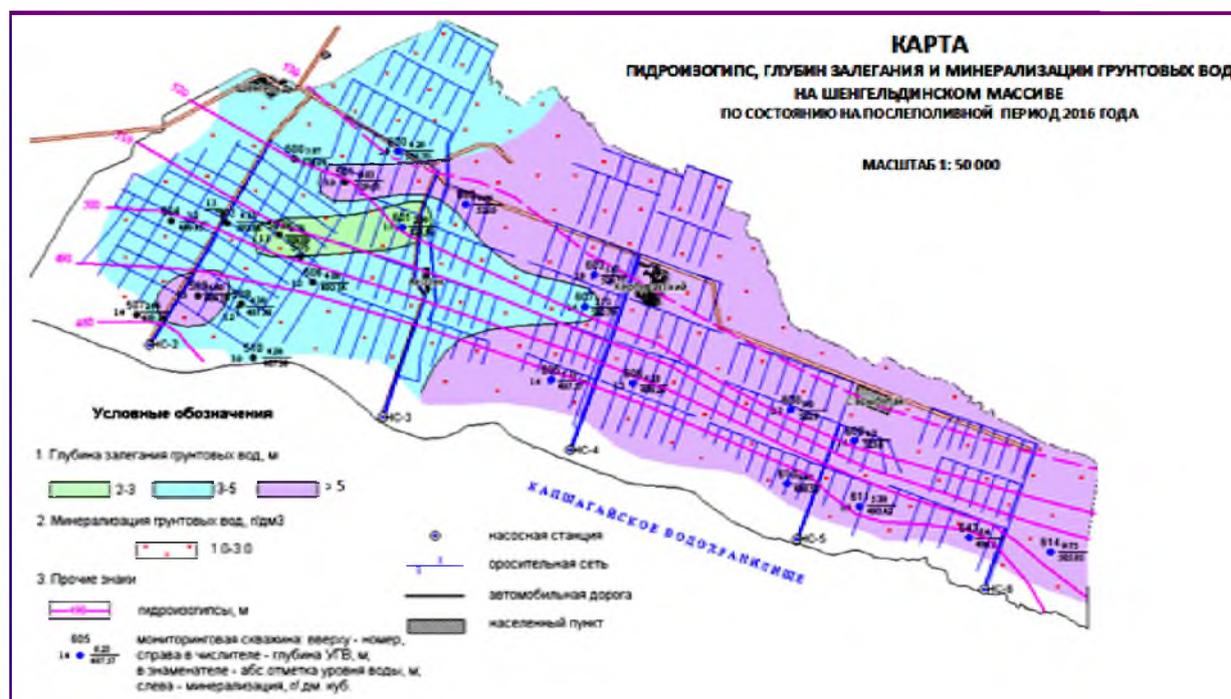


Рисунок 5 – Карта гидроизогипсы, глубины залегания и минерализации грунтовых вод на конец вегетационного периода

Figure 5 – Map of hydroisogyps, bedding depth and mineralization of groundwater level on the end of the growing season

Таблица 4 – Расчет средне взвешенной величины гидравлического уклона зеркала грунтовых вод по гидродинамическим блокам на Шенгельдинском массиве орошения в послеполивной период 2016 года

Table 4 – Calculation of the average weighted value of the hydraulic slope of groundwater table by the hydrodynamic blocks at the Shengeldy irrigation massif in the post-irrigation period of 2016

Наименование показателей	Наименование расчетных блоков				
	оросительная система насосной станции №2	оросительная система насосной станции №3	оросительная система насосной станции №4	оросительная система насосной станции №5	оросительная система насосной станции №6
Абсолютные отметки УГВ в верхней части потока, м	520	530	530	530	535
Абсолютные отметки УГВ в нижней части потока, м	480	470	485	485	480
Разница в абсолютных отметках УГВ, м	40	65	45	435	55
Длина расчетного участка грунтового потока, м	8500	6200	4800	4600	4560
Значения расчетной величины гидравлического уклона зеркала грунтовых вод	0,0047	0,0096	0,0094	0,0098	0,012

Таблица 5 – Расчет притока грунтовых вод по гидродинамическим блокам на Шенгельдинском массиве орошения

Table 5 – Calculation of groundwater inflow by hydrodynamic blocks at Shengeldy irrigation array

Наименование показателей	Наименование расчетных блоков					Итого
	оросительная система насосной станции №2	оросительная система насосной станции №3	оросительная система насосной станции №4	оросительная система насосной станции №5	оросительная система насосной станции №6	
Гидравлический уклон	0,0047	0,0096	0,0094	0,0098	0,012	
Ширина потока подземных вод, м	5800	4650	4720	4600	4250	
Водопроницаемость водоносного горизонта (КхН), м ² /сут	1,8х40=72	2х35=70	2х40=88	2,4х35=84	2,3х32=74	
Продолжительность вегетации, сут	150					
Приток подземных вод, тыс.м ³	323,85	412,47	644,22	624,81	622,71	2628,06

На орошаемых землях обслуживаемых НС № 2 на площади 240 га оборудована горизонтальная закрытая КДС. Дрены изготовлены из полиэтиленовых труб, диаметром 110-180 мм, которые заложены на глубине 2-3 м. Далее эти дренажные воды собираются по асбестовым трубам диаметром 150-400 мм, расположенные на глубине 2,5-3,2 м. Для контроля за работой дренажа оборудованы смотровые колодцы. Расстояние между дренами составляют 330-600 метров. Отвод этих вод предусматривался в пруд накопитель и далее в аванкамеру НС № 3, где, перемешиваясь с поливной водой, вновь может использоваться на орошение. Однако на протяжении многих лет дренажная сеть не работает. Здесь имеют место как проектные недоработки, так и нарушения при строительстве оросительной системы. В последние годы на эти факторы накладывает отпечаток общее снижение грунтовых вод, произошедшее на массиве.

КДС НС №2 находится на балансе ТОО «Бастау НС-2», а остальные два коллектора НС № 3,4 считаются бесхозными. Глубина заложения коллекторов на землях, подвешенных к этим станциям, не превышает 2-2,5 м и в последние годы воды в них не наблюдается. Это связано с тем, что грунтовые воды на этих землях находятся на глубине 3,5-4,0 м и даже ниже. Тогда как глубина дна коллекторов составляет 2-2,5 м, т.е. коллектора и дренажные трубы находятся выше зеркала грунтовых вод.

Следует отметить, что в последние десятилетия специальных очистных работ по углублению этих коллекторов на массиве не проводилось. Учитывая финансовое состояние товаропроизводителей, мелиоративные мероприятия по улучшению состояния земель ими также не проводятся.

Следовательно, в 2016 году коллекторно-дренажный сток за пределы орошаемых земель отсутствовал.

Суммарное испарение. Суммарное испарение (эвапотранспирация) на Шенгельдинском массиве является одной из основных составляющих в расходных статьях водного баланса. В расчетах использованы данные литературных источников и натурных исследований, проведенных институтом гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР в 1967 и последующие годы, с помощью лизиметров, на испарительных площадках и теплбалансовым методом. В таблице 6 приведены обобщенные показатели суммарного испарения по видам сельскохозяйственных культур, возделываемых на Шенгельдинском массиве в 2016 году, а также средние значения суммарного испарения с различных открытых водных и почвенных поверхностей в контурах расчетных блоков водного баланса.

Таблица 6 – Обобщенные показатели суммарного испарения в контурах расчетных блоков водного баланса

Table 6 – Generalized indicators of total evaporation in the contours of water balance calculation units

Наименование культуры, угодий	Величина транспирации, испарения, мм	Наименование расчетного блока										Итого	
		оросительная система насосной станции №2		оросительная система насосной станции №3		оросительная система насосной станции №4		оросительная система насосной станции №5		оросительная система насосной станции №6			
		S*, га	I**, млн м ³	S, га	I, млн м ³	S, га	I, млн м ³						
Зерновые	450	376	1,7	497	2,3	256	1,2	–	–	249	1,1	1154	5,2
Многолетние травы	500	164	0,8	551	2,8	80	0,4	64	0,3	153	0,8	1012	5,1
Технические	480	1123	5,4	1706	8,2	854	4,1	602	2,9	1667	8,1	5952	28,56
Овощи, бахчи	470	124	0,6	29	0,02	62	0,09	5	0,01	162	0,9	277	1,3
Залежь и неиспользуемые земли	450	529	2,4	352	1,4	1501	6,8	2358	10,6	1658	7,5	6398	28,8
Внутрихозяйственные дороги	350	260	0,91	290	1,01	270	0,94	220	0,77	215	0,75	1255	10,8
Поверхность воды в каналах и коллекторах	600	250	1,5	260	1,56	240	1,44	230	1,38	210	1,26	1190	7,14
Всего			11,61		14,99		13,41		15,96		19,31		88,2

S*, га – расчетная площадь, га; I**, млн м³ – величина транспирации, испарения, мм.

Из расчетных показателей таблицы следует, что величина суммарного испарения составила 88,2 млн м³.

Отток грунтовых вод с массива орошения. Величина бокового фильтрационного оттока грунтовых вод за пределы массива рассчитывалась с использованием параметров гидравлического уклона, ширины и водопроницаемости потока подземных вод, за межполивной период продолжительностью 215 суток. Для этого использовалась карта гидроизогипс, глубин залегания и минерализации грунтовых вод на начало вегетационного периода (май 2016 года), составленная и оцифрованная специалистами РГУ ЗГГМЦ (рисунок 6).

Расчеты велись по выделенным фильтрационным блокам аналогично расчетам, выполненным при определении притока грунтовых вод по формуле:

$$S_0 = J \cdot B \cdot T \cdot 215,$$

где J - гидравлический уклон, определенный по карте гидроизогипс на предполивной период; B - ширина потока подземных вод, м; T - водопроницаемость водоносного горизонта, м²/сут.

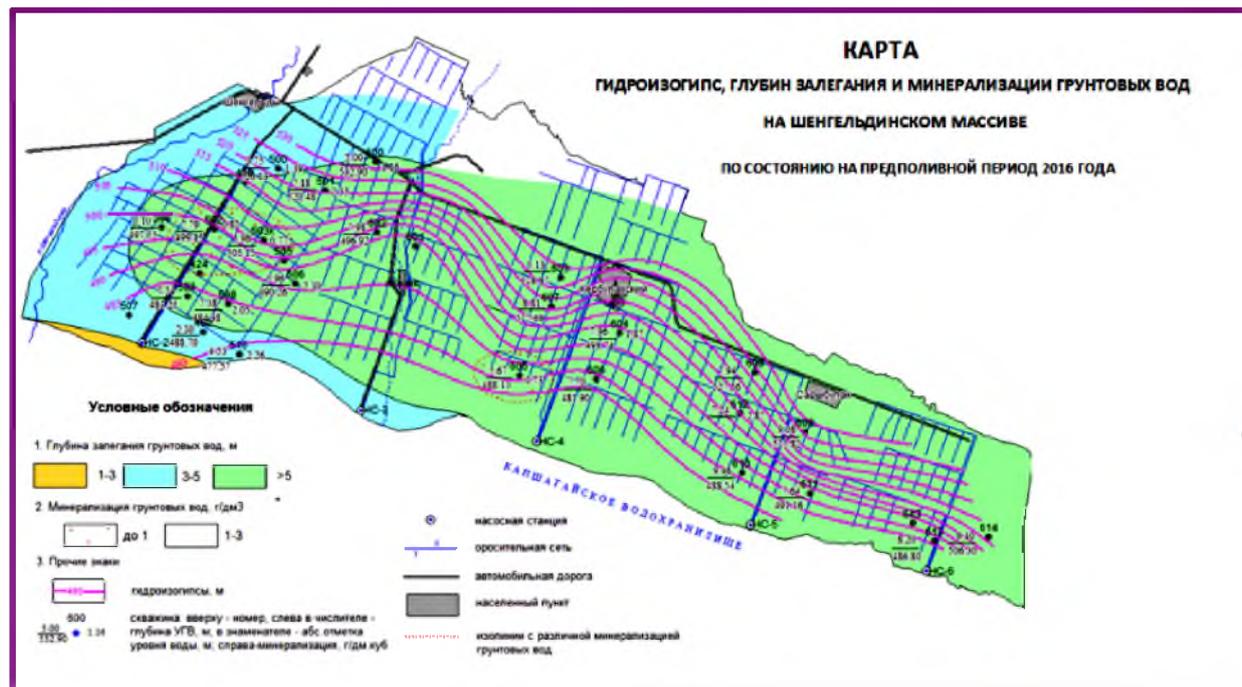


Рисунок 6 – Карта гидроизогиписа, глубин залегания и минерализации грунтовых вод на начало вегетационного периода (май 2016 года)

Figure 6 – Map of hydroisogypsum, depths and mineralization of groundwater at the beginning of the vegetation period (May 2016)

Таблица 7 – Расчет средневзвешенной величины гидравлического уклона зеркала грунтовых вод по гидродинамическим блокам на Шенгельдинском массиве орошения в предполивной период 2016года

Table 7 – Calculation of the average weighted value of the hydraulic slope of groundwater table by the hydrodynamic blocks at Shengeldy irrigation massif in the pre-natal period of 2016

Наименование показателей	Наименование расчетных блоков				
	оросительная система насосной станции №2	оросительная система насосной станции №3	оросительная система насосной станции №4	оросительная система насосной станции №5	оросительная система насосной станции №6
Абсолютные отметки УГВ в верхней части потока, м	520	525	530	532	535
Абсолютные отметки УГВ в нижней части потока, м	482	472	470	478	480
Разница в абсолютных отметках УГВ, м	38	53	60	54	55
Длина расчетного участка грунтового потока, м	8500	6200	4800	4600	4560
Значения расчетной величины гидравлического уклона зеркала грунтовых вод	0,0045	0,0085	0,0125	0,012	0,012

Аккумуляция влаги в зону аэрации. Общий объем аккумуляции влаги в зону аэрации определен путем сложения площадей расчетных контуров орошаемого массива с одинаковым интервалом глубин залегания грунтовых вод до и после вегетационных поливов. При этом учитывались изменения в пределах расчетных контуров УГВ за поливной период и средней объемной влажности почвогрунтов зоны аэрации.

Таблица 8 – Расчет оттока грунтовых вод по гидродинамическим блокам на Шенгельдинском массиве орошения

Table 8 – Calculation of groundwater outflow by hydrodynamic blocks at the Shengeldy irrigation array

Наименование показателей	Наименование расчетных блоков					Итого
	оросительная система насосной станции №2	оросительная система насосной станции №3	оросительная система насосной станции №4	оросительная система насосной станции №5	оросительная система насосной станции №6	
Гидравлический уклон	0,0045	0,0085	0,0125	0,012	0,012	
Ширина потока подземных вод, м	5800	4650	4720	4600	4250	
Водопроницаемость водоносного горизонта (КхН), м ² /сут	1,8х40=72	2х35=70	2х40=88	2,4х35=84	2,3х32=74	
Продолжительность вегетации, сут	215					
Отток подземных вод, тыс.м ³	404,028	594,85	1162,28	996,91	811,41	3968,48

Аккумуляция влаги в зону аэрации рассчитана по формуле:

$$S_y = F \cdot h \cdot W_{\text{общ}},$$

где F - площадь расчетного контура, м²; h - среднее изменение уровня грунтовых вод за поливной период, м, W_{общ} - средняя объемная влажность грунтов зоны аэрации (таблица 9).

Таблица 9 – Аккумуляция влаги в зону аэрации

Table 9 – Moisture accumulation of in the aeration zone

Наименование показателей	Наименование расчетных блоков					Итого
	оросительная система насосной станции №2	оросительная система насосной станции №3	оросительная система насосной станции №4	оросительная система насосной станции №5	оросительная система насосной станции №6	
Площадь расчетного контура, тыс. м ²	24080	34982	27758	27879	26382	141081
Среднее изменение уровня грунтовых вод за поливной период, м	0,06	0,08	0,10	0,11	0,09	0,088
Средняя объемная влажность грунтов зоны аэрации, %	0,45	0,52	0,50	0,55	0,52	0,51
Аккумуляция влаги в зону аэрации, тыс. м ³	650,16	1455,25	1387,95	1686,68	1234,68	6414,72

Таким образом, суммарный объем аккумуляции влаги в зону аэрации по всем расчетным блокам составил 6,415 млн м³.

В 2016 году площадь использованных земель на массиве составила 7710,2 га или 54% от всего орошаемого фонда. Не использовалось 6397,9 га орошаемых земель по причине разукрупненности НС, организационным и хозяйственно-финансовым причинам.

Ведущими культурами на орошаемых землях массива продолжают оставаться соя, лук репчатый, зерновые-колосовые.

Выводы. По принятым критериям мелиоративное состояние орошаемых земель массива на площади 13478,1 га оценивается как хорошее. Земли, отнесенные к категории с удовлетворительным состоянием, выделены на площади 630 га.

Роль грунтовых вод, как важнейшего компонента биосферы, особенно велика в аридных зонах и является главным фактором при определении оценки мелиоративного состояния орошаемых земель. Недочет значения грунтовых вод при проектировании и эксплуатации оросительных систем в сложных гидрогеологических условиях может ухудшить гидрологические и инженерно-геологические условия орошаемых земель. При этом особое значение имеет анализ режима и баланса грунтовых вод.

По результатам гидрогеологических наблюдений установлено, что на Шенгельдинском массиве орошения сложился ирригационный тип режима грунтовых вод. Для него характерен повсеместный подъем УГВ в вегетационный период и сработка сформировавшегося купола ирригационно-грунтовых вод в межвегетационный период.

Таблица 10 – Водный баланс орошаемых земель и грунтовых вод Шенгельдинского массива по расчетным блокам в условиях применения водосберегающих технологий за 2016 г.

Table 10 – Water balance on irrigated lands of Shengeldy massif by design blocks in conditions of applying water-saving technologies for 2016

Составляющие баланса	Наименование расчетных блоков					Итого
	оросительная система насосной станции №2	оросительная система насосной станции №3	оросительная система насосной станции №4	оросительная система насосной станции №5	оросительная система насосной станции №6	
Приходные статьи баланса						
Водоподача, млн м ³	15,835	16,222	5,207	2,293	5,135	44,693
Атмосферные осадки, млн м ³	10,53	15,30	12,14	12,19	11,54	61,72
Приток подземных вод, млн м ³	0,324	0,412	0,644	0,624	0,622	2,628
Итого:	26,689	31,934	17,991	15,107	17,297	109,041
Расходные статьи баланса						
Суммарное испарение, млн м ³	11,61	14,99	13,41	15,96	19,31	88,2
Дренажный сток, млн м ³	–	–	–	–	–	–
Отток подземных вод, млн м ³	0,404	0,595	1,162	0,997	0,811	3,968
Аккумуляция влаги в зоне аэрации, млн м ³	0,65	1,46	1,39	1,69	1,23	6,41
Итого:	12,664	17,045	15,962	18,647	21,351	98,58
Невязка водного баланса, млн м³ (+, –): приращение (+), спад (–) регионального уровня грунтовых вод, см	+14,025	+14,889	+2,029	-3,54	-4,054	+13,871
	+0,05	+0,04	+0,007	-0,012	-0,015	+0,014
	+0,09	+0,07	+0,01	-0,02	-0,03	+0,026

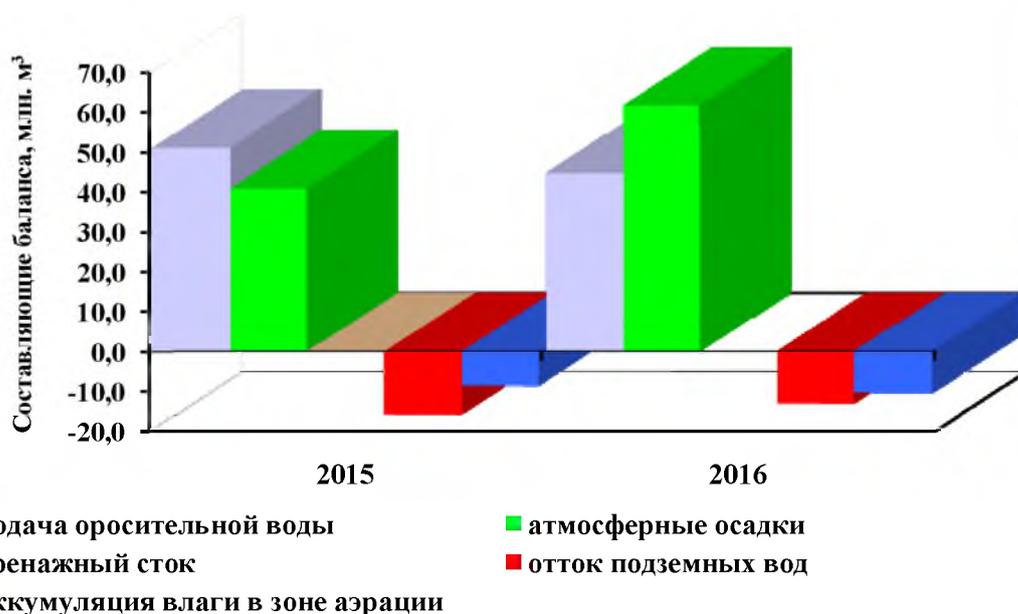


Рисунок 7 – Динамика водного баланса орошаемых земель Шенгельдинского массива орошения за 2015–2016 гг.

Figure 7 – Water balance dynamics on the of irrigated lands of Shengeldy irrigation massif for 2015–2016

На орошаемых землях массива в предвегетационный период грунтовые воды залегают на глубинах 3,06-9,73 м. Наибольшего подъема УГВ достигают в июле-августе. По окончании поливного периода отмечается постепенное снижение уровня, которое продолжается до весны следующего года.

На массиве преобладают грунтовые воды с минерализацией от 1 до 3 г/дм³. По химическому составу воды преимущественно сульфатные, реже сульфатно-гидрокарбонатные натриево-кальциевые.

По результатам исследований установлены нарушения технологии орошения и нерационального использования поливной воды, из основных причин которых являются:

- длина поливных борозд достигает от 450 до 500 метров, вследствие чего не обеспечивается добегание воды до конца полей;

- из-за плохой планировки значительной части поливных участков и длительного времени полива, наблюдается переувлажнение почвы в начале и середине поливных борозд, а в концевой части поля наблюдается недостаток влаги;

- из-за отсутствия практических навыков и знаний у поливальщиков происходят нетехнологические сбросы оросительной воды на вышележащих участках орошения и наблюдаются размывы поливных борозд нижних полей.

Для более рационального использования поливной воды, сохранения мелиоративного состояния орошаемых земель и повышения их продуктивности рекомендуется:

- в связи с изменчивостью стока воды в реке Иле необходимо продолжить диверсификацию возделываемых сельскохозяйственных культур с постепенным сокращением площадей влаголюбивых культур и заменой их на менее влаголюбивые и более рентабельные культуры.

- соблюдать ротационные принципы и исключать доминирование моно культуры - лука;

- расширять площади применения водосберегающих технологий, исходя из ежегодного опыта, которые подтверждают его преимущество, позволяя экономить поливную воду и повышать урожайность сельскохозяйственных культур. При этом, рекомендуется использовать низконапорную оросительную и запорную арматуру отечественного производства;

- на слабозасоленных землях проводить профилактические меры по предотвращению засоления путем агротехнических мероприятий; на средnezасоленных почвах - провести выборочные промывки почв дифференцированными нормами в осенний период для устранения избытка солей;

- улучшить оснащенность водоучитывающими приборами на всех НС;

- подводящие каналы к НС, с целью уменьшения затрат по механической очистке каналов, заменить на трубы;

- провести капитальный ремонт неработающих насосных агрегатов, а также элементов оросительной и коллекторно-дренажной сети на всех НС массива.

Результаты выполненных работ могут быть использованы при сопоставительной оценке формирования гидрохимического режима грунтовых вод на участках применения полива по бороздам и капельного орошения, динамики изменения запасов грунтовых вод, при краткосрочном прогнозе процессов засоления земель под влиянием орошения на гидромелиоративных системах, солевого режима грунтовых вод и пород зоны аэрации.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Отчеты о мелиоративном состоянии орошаемых земель в зоне деятельности центра за 2015–2016 годы.

[2] Отчеты о мелиоративном состоянии орошаемых земель на Шенгельдинском массиве орошения за 2012–2016 годы.

[3] Отчеты по результатам мониторинга поверхностных, грунтовых, дренажных вод и почв на объекте ПУИД «Шенгельды» Алматинской области за 2013–2015 годы.

[4] Кац Д.М. Режим грунтовых вод в орошаемых районах и его регулирование. – М.: Изд-во Сельскохозяйственной литературы, журналов и плакатов, 1967. – С. 1-32.

[5] Антоненко В.Н., Кулагин В.В. Мелиоративная гидрогеология: Практикум по выполнению лабораторных работ. – Алматы: Учебное пособие КазНТУ, 2007.

[6] Сапиев А.Г. Определение составляющих водного баланса орошаемых земель. Методические указания к лабораторному занятию. Алма-Ата: КазНТУ, 1996.

[7] Правила государственного ведения мониторинга и оценки мелиоративного состояния орошаемых земель в Республике Казахстан и информационного банка данных о мелиоративном состоянии земель сельскохозяйственного назначения приказ Заместителя Премьер-Министра Республики Казахстан- Министра сельского хозяйства Республики Казахстан от 25 июля 2016 года № 330.

[8] Кулагин В.В., Шакибаев И.И., Диссель Н.А. Указания по ведению мелиоративного кадастра орошаемых земель Республики Казахстан. – Астана, 2001.

[9] Смоляр В.А., Мустафаев С.Т. Гидрогеология бассейна озера Балхаш. – Алматы, Ғылым, 2007. – 352 с.

[10] Каплинский М.И. Изучение водного баланса орошаемых земель // Труды САНИИРИ. – 1971. – Вып. 132. – С. 66-107.

REFERENCES

[1] Otchety o meliorativnom sostoyanii oroshaemyh zemel' v zone deyatelnosti centra za 2015–2016 gody.

[2] Otchety o meliorativnom sostoyanii oroshaemyh zemel' na Shengel'dinskom massive orosheniya za 2012–2016 gody.

[3] Otchety po rezul'tatam monitoringa poverhnostnyh, gruntovyh, drenazhnyh vod i pochv na ob'ekte PUID «SHengel'dy» Almatinskoy oblasti za 2013–2015 gody.

[4] Кас D.M. Rezhim gruntovyh vod v oroshaemyh rajonah i ego regulirovanie. M.: Izd-vo Sel'skohozyajstvennoj literatury, zhurnalov i plakatov, 1967. P. 1-32.

[5] Antonenko V.N., Kulagin V.V. Meliorativnaya gidrogeologiya: Praktikum po vypolneniyu laboratornyh rabot. Almaty: Uchebnoe posobie KazNTU, 2007.

[6] Satpaev A.G. Opredelenie sostavlyayushchih vodnogo balansa oroshaemyh zemel'. Metodicheskie ukazaniya k laboratornomu zanyatiyu. Alma-Ata: KazNTU, 1996.

[7] Pravila gosudarstvennogo vedeniya monitoringa i ocenki meliorativnogo sostoyaniya oroshaemyh zemel' v Respublike Kazahstan i informacionnogo banka dannyh o meliorativnom sostoyanii zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya prikaz Zamestitelya Prem'er-Ministra Respubliki Kazahstan- Ministra sel'skogo hozyajstva Respubliki Kazahstan ot 25 iyulya 2016 goda № 330.

[8] Kulagin V.V., SHakibaev I.I., Dissel' N.A. Ukazaniya po vedeniyu meliorativnogo kadastra oroshaemyh zemel' Respubliki Kazahstan. Astana, 2001.

[9] Smolyar V.A., Mustafayev S.T. Gidrogeologiya bassejna ozera Balhash. Almaty: Fylym, 2007. 352 p.

[10] Kaplinskij M.I. Izuchenie vodnogo balansa oroshaemyh zemel' // Trudy SANIIRI. 1971. Vyp. 132. P. 66-107.

В. В. Кулагин, Д. Б. Умбеталиев, Е. С. Әуелхан, А. Т. Мақыжанова, Д. С. Қаратаев

Қ. И. Сәтбаев атындағы қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан

ШЫНГЕЛДІ МАССИВІНІҢ СУАРЫЛАТЫН ЖЕРЛЕРІНДЕ СУ ҮНЕМДЕЙТІН ТЕХНОЛОГИЯНЫ ҚОЛДАНУ ЖАҒДАЙЫНДА ГРУНТ СУЛАРЫНЫҢ СУЛЫ-ТҰЗДЫ БАЛАНСЫ

Аннотация. Мелиорацияның грунт суларына әсері Іле-Балқаш бассейнінің Оңтүстік Балқаш маңындағы Шыңгелді массивінің сушаруашылық балансын құраушылардың елеулі өзгеруіне әкелді.

Су үнемдейтін технологияны қолдану жағдайында грунт суларының деңгейлік-тұзды режимінің қалыптасуын зерттеу және грунт суларының сулы-тұзды балансын есептеу табиғи зерттеулердің сенімді материалдарын пайдалану арқылы орындалды.

Орындалған аналитикалық және зерттеу жұмыстары нәтижелері грунт суларының гидрохимиялық режимі динамикасына тамшылатып суару жүйелерін массивке ендіру әсерін сипаттауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: грунт сулары, жерасты суларының құйылуы, жерасты суларының ағып кетуі, су балансы, тұз балансы.