УДК 556.3:631.67 (470.5)

DOI: 10.31563/1684-7628-2018-46-2-7-16

Р.Ф. Абдрахманов, Л.М. Хасанова

ОРОШЕНИЕ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ И ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР ВОДАМИ ПОВЫШЕННОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ

Ключевые слова: орошение; солоноватые подземные воды; ирригационные свойства; урожайность сельскохозяйственных культур; поливные нормы; многолетние травы; овощные культуры.

Введение. Республика Башкортостан является зоной рискованного земледелия, значительная ее часть характеризуется засушливостью. Данный факт оказывает определенное влияние на показатели отрасли сельскохозяйственного производства. Башкортостан входит в первую пятерку крупнейших сельскохозяйственных регионов Российской Федерации, однако в периоды засухи (1975, 1998, 2010, 2012 гг.) показатели сельхозпроизводства снижались к уровню предыдущего года, сельхозтоваропроизводители испытывали серьезный дефицит оборотных средств, вынужденно сокращали поголовье и, следовательно, не имели возможности в большинстве своем вести расширенное воспроизводство.

Орошаемое земледелие имеет огромное значение для экономики республики в целом. Как правило, средняя стоимость валовой продукции с мелиорируемых земель в 2–2,5 раза превышает стоимость валовой продукции с эквивалентной площади немелиорируемых угодий [1].

Площадь орошаемых земель в Башкортостане составляет около 60 тыс. га, большая часть находится в хорошем состоянии, около 11,9 тыс. га – в удовлетворительном. В 1991 г. площадь орошаемых земель доходила до 140 тыс. га.

Ресурсы пресных поверхностных и подземных вод на территории республики сильно ограничены и распространены крайне не равномерно. В результате Башкирское Предуралье, являющееся основным производителем сельскохозяйственной продукции, испытывает острый дефицит пресной воды. В сложившейся обстановке во многих районах Западной Башкирии основным источником оросительной воды могут служить подземные воды повышенной минерализации, запасы которых здесь весьма значительны. Степень водообеспеченности подземными солоноватыми водами (производительности водоносных горизонтов, глубине залегания солоноватых вод) рассматрива-

емой территории представлена на рисунке 1 [2]. Суммарные запасы солоноватых вод на территории Южного Предуралья оцениваются значительной цифрой – 52 млрд м³ (таблица 1). Большой резерв для орошения представляют слабосолоноватые (1–3 г/л) воды закарстованных пермских пород, развитые в подрайонах ИБ, ИВ и ИГ, – соответственно 2,2, 4,0 и 1,5 млрд м³, т. е. 0,3, 0,3 и 0,3 млн м³/км². Необходимо отметить, что на большей части подрайонов ИБ, ИВ и ИГ они могут явиться основным источником оросительной воды, так как подрайоны эти бедны поверхностными водами, а создание прудов и водохранилищ затруднено вследствие карста. Выяснение особенностей размещения и формирования этих вод, а также изучение их ирригационных свойств представляют большой практический интерес [3, 6, 7].

В настоящее время накоплен значительный опыт по орошению солоноватыми водами как за рубежом, так и в нашей стране. Зарубежные исследования по орошению солоноватыми водами (США, Израиль, Алжир, Марокко, Тунис, Италия, Индия и др.) показали, что для орошения целого ряда овощных, зерновых и прочих культур возможно использовать воды с минерализацией от 1,5–2,0 до 5,0–8,0 г/л и получать высокие урожаи, нередко превышающие урожаи при поливе пресной водой.

Цель исследования – анализ гидрогеологических условий Западного Башкортостана.

Методы и условия исследования. Опыт орошения водами повышенной минерализации накоплен в Дагестане, Азербайджане, Средней Азии, на Кавказе, в Крыму и др. В Республике Башкортостан в ряде районов (Аургазинский, Кармаскалинский, Уфимский, Туймазинский и др.) также в целях орошения используются солоноватые (1,3–2,3 г/л) поверхностные воды рек Уршак, Аургазы, Узень, Куганак, Ик, Куваши и др. Положительный опыт орошения водами сульфатно-кальциевого состава пастбищ Аурга-

зинского района при минерализации 2,2 г/л, овощей (картофель, капуста) и многолетних трав в Уфимском районе при минерализации 2,1 г/л, водами сульфатно-хлоридными магниевое-натриево-кальциевого состава с минерализацией 1,3–2,3 г/л в Туймазинском районе свидетельствует не только о возможности, но и о целесообразности применения соленоватых вод для орошения культур в Западной Башкирии. Вопрос использования подземных вод повышенной

минерализации для орошения является комплексным, охватывает круг вопросов из области гидрогеологии, почвоведения, агротехники, мелиорации и других отраслей знаний. Особое место занимают вопросы, связанные с изучением особенностей формирования соленоватых подземных вод, оценкой прогнозных запасов и производительности водоносных горизонтов, а также оценкой ирригационных свойств соленоватых вод различного ионно-солевого состава [3].

Таблица 1 Естественные (вековые) запасы подземных соленоватых вод Южного Предуралья

Район	Под районы	Площадь, км ²	Средняя мощность водоносных пород, м	Водоотдача	Естественные запасы, млрд м ³		Удельные запасы в млн м ³ /км ²	
					1–3 г/л	более 3 г/л	1–3 г/л	более 3 г/л
I	IA	8700	15	0,15*	19,6	–	2,3	–
	IB	8200	60	0,015	2,2	5,2	0,3	0,6
	IV	13300	30	0,01	4,0	–	0,3	–
	IG	5100	40	0,015	1,5	1,6	0,3	0,3
II	IIA	52800	30	0,008	4,2	8,5	0,1	0,2
	IIB	7100	40	0,01	1,0	1,8	0,1	0,3
Всего		95200	–	–	35,2	17,1	–	–

Рисунок 1

Карта районирования Южного Предуралья по условиям водообеспечения подземными соленоватыми водами: 1–4 – район I (водообеспеченный): 1 – подрайон IA, 2 – подрайон IB, 3 – подрайон IV, 4 – подрайон IG; 5–6 – район II (недостаточно водообеспеченный): 5 – подрайон IIA, 6 – подрайон IIB; 7–8 – район III (неводообеспеченный): 7 – подрайон IIIA, 8 – подрайон IIIB; 9 – границы районов и подрайонов

Существующие способы ирригационной характеристики вод основываются на критических нормах допустимого содержания в воде растворенных солей, вызывающих засоление почвы и оказывающих отрицательное влияние на растворение. Пригодность воды для орошения зависит от многих факторов: минерализации и химического состава воды, водопроницаемости почво-грунтов и подстилающего слоя, уровня и минерализации грунтовых вод, климата, солеустойчивости культур, существующей агротехники и пр. По А.Н. Костякову, допустимое содержание солей в оросительной воде составляет 1–1,5 г/л. А при хорошей агротехнике и орошении небольшими поливными и оросительными нормами на проницаемых почвах с глубоким залеганием водоупора и достаточным

Существует ряд расчетных методов для определения пригодности воды для орошения: 1) ирригационный коэффициент Х. Стеблера (Ка), по его величине качество оросительных вод подразделяется на хорошее (Ка > 18), удовлетворительное (Ка = 18–6), неудовлетворительное (Ка = 5,9–1,2), плохое (Ка < 1,2); 2) коэффициент потенциального поглощения натрия (SAR) – данные департамента сельского хозяйства США, опасность осолонцевания низкая, если SAR < 10, средняя – при 10 < SAR < 18, высокая – при 18 < SAR < 26 и очень высокая – при SAR > 26; 3) по А.М. Можейко и Т.К. Воротник – доля одновалентных катионов (три группы вод: весьма неблагоприятные для орошения (более 75 %), неблагоприятные (66–75 %) и благоприятные (менее 66 %)) и величина pH (три типа: кислые (pH < 6,5), нейтральные (pH = 6,5–8,0) и щелочные (pH > 8)); 4) показатель величины ионного обмена (К) по И.Н. Антипову-Каратаеву и Г.М. Кадеру – вода считается пригодной для орошения при К > 1 и непригодной при К ≤ 1.

Обсуждение результатов исследования. Ирригационные показатели сульфатно-гидрокарбонатных, гидрокарбонатно-сульфатных и сульфатных, кальциевых, магниевых-кальциевых вод с минерализацией 0,8–3,0 г/л (pH обычно < 7,6–8,0), рассчитанные всеми перечисленными методами, хорошие. Содержание карбонатных и сульфатных солей кальция в этих водах составляет более половины (51–94 %) суммы солей. Сульфатные натриево-магниевых-кальциевых, магниевых-натриево-кальциевых, натрий-

количеством осадков для естественной промывки можно использовать воду с минерализацией до 5–6 г/л. Установлено, что наиболее вредными являются соли натрия, и предельно допустимое содержание их в поливной воде для хорошо водопроницаемых почв составляет (г/л): сода – 1, хлорид натрия – 2, сульфат натрия – 5, а для суммы солей допустимо следующее отношение весовых величин соответственно: 1:3:10. Если в солевом составе поливной воды много гипса, то такая вода считается безвредной, а если преобладает сода, тогда она является непригодной для орошения или необходимо внесение гипса для превращения соды в менее вредный сульфат натрия. По степени вредности для растений легко растворимые соли располагаются в следующем порядке:

ево-кальциевые воды (1,6–4,3 г/л) характеризуются также благоприятными ирригационными показателями. Содержание кальциевых солей составляет 32–65 %. Анализ ирригационных характеристик сульфатно-гидрокарбонатных, гидрокарбонатно-сульфатных и сульфатных вод с преобладанием в катионном составе кальция показывает, что эти воды с минерализацией 1–4 г/л при благоприятных мелиоративных условиях с успехом могут применяться для орошения. Кроме того, что эти воды будут приносить в почву большое количество сульфата кальция, они являются существенным источником поступления и ряда микроэлементов, необходимых растениям (меди, цинка, йода, бора, молибдена, марганца, кобальта и др.). Как показали исследования, содержание их в солоноватых водах Западной Башкирии значительно (до одного порядка) выше, чем в пресных. Оценка качества сульфатных натриевых, кальциево-натриевых, кальциево-магниевых-натриевых вод показала неодинаковые результаты. При минерализации воды до 5 г/л (слабо- и среднесолоноватые воды) ирригационные коэффициенты вод пестрые – от удовлетворительных до неудовлетворительных. Это объясняется, с одной стороны, сложным химическим составом воды, а с другой – тем, что расчетные формулы, являясь эмпирическими, получены для различных районов с неодинаковыми почвенно-климатическими и геолого-гидрогеологическими условиями.

Совершенно очевидно, что решение вопроса о возможности использования этих вод для орошения в Западном Башкортостане должно

основываться на результатах опытных работ в полевых условиях. Сильносолоноватые сульфатные натриевые воды (5–10 г/л) имеют неудовлетворительные ирригационные показатели. Содержание кальция (в форме карбоната и сульфата) в воде с минерализацией до 5 г/л составляет 16–47 %, а свыше 5 г/л – не превышает 9–27 %. Хлоридно-сульфатные и сульфатно-хлоридные, кальциево-натриевые, натриево-кальциевые и магниевые-кальциево-натриевые воды имеют также пестрые ирригационные показатели. При минерализации воды до 4–5 г/л они в основном положительные, а свыше 5 г/л – отрицательные. Таким образом, сульфатные, сульфатно-хлоридные и хлоридно-сульфатные воды с минерализацией до 5 г/л с примерно равным содержанием щелочноземельных и щелочных элементов и даже с преобладанием последних среди катионов при хороших гидрогеолого-мелиоративных условиях могут использоваться для орошения. Эти воды, как указывалось, в повышенных концентрациях содержат некоторые биологически активные микроэлементы, способствующие повышению урожайности сельскохозяйственных культур.

Использовать их для ирригации целесообразно совместно с сульфатными кальциевыми водами. Совместный каптаж вод соответствующих гидрохимических подзон позволит улучшить ирригационные свойства сульфатных натриевых вод. В республике из-за недостатка пресных вод в некоторых районах (Аургазинский, Уфимский и др.) имеется опыт орошения солончатых водами. Так, в Уфимском районе солончатых (2,1 г/л) сульфатными кальциевыми водами р. Уршак орошались овощи (картофель, капуста – площадь 40 га) и многолетние травы (площадь 100 га) в течение 20 и 10 лет соответственно (рисунок 2). На участках выполнены полевые исследования с проведением буровых и горных работ. Из скважин и шурфов отобраны пробы на водную вытяжку и для определения их физико-механических свойств. Поливная и оросительная нормы на участке многолетних трав составляют соответственно 300–500 и 900–2000 м³/га, а на участках овощей – 500–600 и 4500–6000 м³/га. При орошении вносятся удобрения (суперфосфат, калийная соль, мочевины или азотная селитра) из расчета на участке многолетних трав 3–4 ц/га, а овощей – 10 ц/га. Все участки расположены в одинаковых геоморфологических условиях (вторая надпойменная терраса р. Ур-

шак) с количеством атмосферных осадков, по многолетним данным, 789 мм/год (метеостанция г. Уфы). Из них в теплое время года (IV–X месяцы) выпадает 420 мм. Геолого-гидрогеологический разрез участков представлен на рисунке 3. Коэффициент фильтрации суглинков (мощность 4–4,5 м) и песчано-гравийных отложений (мощность 1,5–4,0 м, постепенно увеличивающаяся к реке) составляет 0,2–0,7 м/сут. и 5–10 м/сут. соответственно. На глубине 8,5–9,0 м песчано-гравийные отложения подстилаются плотными, относительно водоупорными серыми глинами. По схеме Д.М. Каца [4], данный разрез орошаемых участков с учетом строения пласта, его фильтрационных свойств и степени дренированности относится к двухслойному. Уровень грунтовых вод находится в покровном глинистом слое (3,8–4,0 м), естественная дренированность высокая.

Подъема уровня грунтовых вод под влиянием орошения не наблюдается. Небольшой купол подземных вод высотой один метр, образующийся в период интенсивного полива вблизи скважины 10, срабатывается после прекращения полива осенью и в зимний период. Сравнительный анализ водных вытяжек из отложений орошаемого в течение 10–20 лет сульфатной кальциевой водой (2,0 г/л) участка и неорошаемого (расположенного поблизости в аналогичных условиях) свидетельствует об отсутствии накопления солей в почвогрунтах. На неорошаемом участке максимум солей (0,224–0,269 %), представленных преимущественно CaSO₄ и MgSO₄, наблюдается в интервале глубин 0,75–1,0 м (рисунок 4, шурф 1). С глубиной содержание солей уменьшается и на глубине 4,5 м составляет 0,063 %. На участке, орошаемом солончатой водой, содержание солей в почвогрунтах изменяется от 0,052 до 0,33 % (шурф 4, шурф 7), то есть даже ниже, чем на неорошаемом. Это указывает на вымывание солей из покровных отложений зоны аэрации оросительной водой и перенос их в грунтовые воды. Содержание водорастворенных солей в почвогрунтах на участке, орошаемом пресной водой, не превышает 0,11 % (шурф 11).

Таким образом, орошение сульфатными кальциевыми солончатых водами при наличии дренажа не приводит к соленакоплению в почвогрунтах на корнеобитаемых глубинах.

Следующий исследуемый участок расположен в Аургазинском районе на первой надпойменной террасе р. Аургазы западнее с. Сул-

танмуратово и имеет площадь более 100 га. Источником орошения являлась вода р. Аургазы

сульфатного кальциевого состава с минерализацией 2,2 г/л.

Рисунок 2

Схема орошаемых земель в долине р. Уршак: 1 – неорошаемый участок; 2 – орошаемый участок из р. Уршак в течение 10 лет; 3 – также в течение 20 лет; 4 – орошаемый участок из оз. Улу-Куль; 5 – скважина; 6 – шурф; 7 – источник; 8 – насосная станция; 9 – линия разреза

Рисунок 3

Гидрогеологический разрез долины р. Уршак: 1 – почва; 2 – глина; 3 – глина с прослойками песка; 4 – глина заглинизированная; 5 – суглинок; 6 – суглинок с прослойками песка; 7 – песчано-гравийные отложения; 8 – аргиллитоподобная глина; 9 – гипс; 10 – уровень подземных вод в скважине, м; 11 – коэффициент фильтрации, м/сут.; 12 – источник

Рисунок 4

Солевые профили почвогрунтов орошаемого участка в долине р. Уршак.
Ионы: 1 – гидрокарбонатный; 2 – сульфатный; 3 – хлоридный; 4 – кальциевый; 5 – магниевый; 6 – натриевый и калиевый; 7 – нитратный

Гидрогеологический разрез его однослойный, представлен существенно глинистыми породами ($K_{\phi} = 0,1$ м/сут.). Гравийно-галечниковый горизонт отсутствует. Грунтовые воды находятся на глубине 2,0–3,0 м, они также имеют сульфатный кальциевый состав и минерализацию 2,5–3,0 г/л. Почвогрунты здесь уже в естественных условиях сильно засолены (от 1,2 до 5 %) главным образом за счет гипса (рисунок 5, шурф 13). Он содержится в виде муч-

нистого материала или кристаллов, образуя иногда гнезда и прослои мощностью до 5,0–10,0 см. Наибольшей загипсованностью характеризуется интервал глубин 0,5–1,0 м. На орошаемых участках данного массива, расположенных вблизи реки, где глубина залегания грунтовых вод более 3,5 м и имеются условия для их оттока, концентрация солей $< 1\%$ (0,076–0,90 %; скв. 18). Таким образом, и здесь орошение сульфатными кальциевыми водами

не только не приводило к дополнительному соленакоплению в почвогрунтах, но в значительной степени способствовало их рассолению (в 2–3 раза). При меньшей глубине залегания грунтовых вод (до 2,5–3 м) на орошаемых участках массива, удаленных от реки, параллельно с некоторым рассолением (до 0,2–1,2 %) почвогрунтов верхнего слоя (до 1 м) в нижележащем (0,75–1,5 м) отмечается вторичное засоление их до 5,0–5,4 % (рисунок 5, шурф 15). В подобных гидрогеолого-мелиоративных условиях использованию для ирригации солоноватых вод должно предшествовать создание искусственного дренажа.

Сравнение содержания солей на орошаемом и неорошаемом участках при глубине залегания подземных вод более 3,5 м показывает, что со-

держание их на орошаемом участке, где наблюдается промывной режим, до 1,5–3 меньше, чем на неорошаемом. Следовательно, орошение солоноватыми водами не только не привело к дополнительному засолению грунтов, но даже способствовало их некоторому рассолению.

При глубине залегания подземных вод менее 2,5–3,0 м и слабом естественном дренаже орошение солоноватыми водами также вызвало некоторое рассоление почвогрунтов в верхнем слое (до 0,5–1,0 м) с 0,0681–4,76 % до 0,118–1,19 %. Однако в подстилающем слое (0,75–1,5 м) засоленность грунтов усилилась до 5,4 %. В подобных гидрогеолого-мелиоративных условиях использование солоноватых вод для орошения требует создания искусственного дренажа.

Рисунок 5

Солевые профили почвогрунтов орошаемого массива в долине р. Аургаза

Вообще же глубина залегания подземных вод без учета подземного оттока не может являться критерием мелиоративной оценки земель для целей орошения [5].

Орошение водой из прудов на реках Манчарка и Нази (Дюртюлинский район), подверженной влиянию нефтепромысловых рассолов

и имеющей поэтому хлоридный кальциево-натриевый состав, минерализацию 2,0–6,5 г/л и более, вызвало также засоление почвогрунтов на отдельных участках (до 25 га) с уровнем грунтовых вод 0,75 м выше «критического» (рисунок 6, скв. 17). Орошение той же водой при глубине залегания подземных вод более 2,5

м (на большей части орошаемого массива УГВ более 3,5–4,0 м) не привело к резким изменени-

ям в водно-солевом составе почвогрунтов (рисунки 6, скв. 16, 18).

Рисунок 6

Влияние орошения хлоридными натриевыми водами (до 2,5 г/л) на состав поровых растворов почвогрунтов в зависимости от глубины залегания подземных вод

Орошаемый участок расположен на правом пологом склоне долины р. Нази и сложен достаточно однородными плиоценовыми глинами и суглинками с коэффициентом фильтрации $n \cdot 10^{-1} - n \cdot 10^{-2}$ м/сутки. Геофильтрационный разрез массива характеризуется чередованием слабопроницаемых пород, то есть относится к беспластовой схеме со слабым фильтрационным оттоком. По естественной дренированности орошаемый участок относится к слабодренированным. В первом случае, когда уровень грунтовых вод выше «критического», орошение водой с благоприятными ирригационными показателями, повышенными поливными и оросительными (до 3000 м³/га) нормами привело к тому, что подземные воды начали принимать участие в почвообразовательном процессе. Началось испарение грунтовых вод, что вызвало повышение их минерализации (до 3,1 г/л) и изменение химического состава (до хлоридного кальциево-натриевого).

Наиболее интенсивное накопление (до 2,7 мг-экв/100 г) хлоридов натрия в почвогрунтах зоны аэрации произошло в интервале глубин 0,0–1,0 м (0,19–0,23 %). Из других солей присутствуют сульфаты натрия и магния (0,2 и 0,16 мг-экв/100 г), карбонаты кальция (0,82 мг-экв/100 г). С глубины 1,3 м минерализация почвенных растворов резко падает (до 0,10 %): содержание хлор-иона менее 0,1 мг-экв/100 г, а натрия – 0,2–0,4 мг-экв/100 г.

На других участках, где глубина уровня грунтовых вод ниже «критической», орошение нормой 1200–1500 м³/га пока не вызывает соленакопления в почвогрунтах (разрезы 16, 18).

Минерализация почвенных растворов составляет 0,07–0,09 %, содержание хлор-иона – 0,07–0,15 мг-экв/100 г (0,003–0,005 %), натрий-иона – 0,08–0,44 мг-экв/100г. Соли представлены преимущественно гидрокарбонатами кальция (до 0,7 мг-экв/100 г), сульфатом кальция (0,2 мг-экв/100 г) и магния (0,3 мг-экв/100 г), в небольшом количестве – хлоридом магния (0,06 мг-экв/100 г) и натрия (0,06–0,13 мг-экв/100 г).

Орошаются здесь черноземы выщелоченные, тяжелосуглинистые, среднемощные. Содержание гумуса от 5,7 до 9,4 %. За время орошения произошло выщелачивание карбонатов с глубины 0,6 на 0,85 м. В результате этого произошло повышение кислотности (рН) почвогрунтов от 6,1 до 7,6. Обеспеченность почв подвижным фосфором колеблется от 132 до 184–477 мг/кг (повышенная и высокая), калием – от 92–05 до 270 мг/кг (средняя и высокая). В поглощенном комплексе почвогрунтов среди двухвалентных катионов Ca^{+2} преобладает над Mg^{2+} (22,2 и 3,1 мг-экв/100 г). Объемная масса составляет 1,20–1,69 г/см³, общая скважность – 36–53 %. За пределами орошаемого участка объемная масса 1,10–1,15 г/см, а скважность – 55–60 %, что близко к оптимальным показателям для сельскохозяйственных культур. Плот-

ность почв на орошаемых землях составляет 2,51–2,75 г/см³, влажность (в середине августа) – от 4,1–6,8 до 15,8–19,1 %, наименьшая влагоемкость – 7,7–27,8 %, запас влаги в интервале глубин 0–1,5 м колеблется от 590–834 до 1580–3328 м³/га.

Таким образом, опыт орошения слабосоленоватыми водами (до 2,5 г/л) сложного химического состава ($\text{Cl}^{\text{C}}_{\text{шб}}\text{Na}^{\text{a}}$) свидетельствует о том, что наибольшую опасность (засоление) для почвогрунтов представляет не столько качество оросительной воды, сколько отсутствие оттока с орошаемого массива, высокое (выше «критического») залегание грунтовых вод и участие последних в почвообразовательном процессе.

Выводы. Анализ гидрогеологических условий Западного Башкортостана свидетельствует о весьма широком распространении в его недрах соленоватых вод, их исключительном качественном разнообразии как по составу растворенных солей, так и по величине минерализации. Оценка соленоватых вод различных гидрохимических зон республики показала их принципиальное отличие в ирригационном отношении. Сульфатные и гидрокарбонатно-сульфатные слабосоленоватые воды (1–3 г/л) с преобладанием в катионном составе щелочноземельных компонентов (кальция и магния) имеют хорошие качества по всем показателям и, безусловно, пригодны для орошения. По сравнению с пресными водами, они содержат повышенные концентрации ряда микроэлементов (медь, кобальт, марганец, молибден, йод, бром и др.), которые необходимы для нормальной жизнедеятельности растений. Сульфатные натриевые и сульфатно-хлоридные кальциево-натриевые сильносоленоватые (5–10 г/л и более) воды не пригодны для орошения без раз-

бавления пресной водой, так как являются потенциально опасными для засоления почв. Сульфатные, хлоридно-сульфатные и сульфатно-хлоридные среднесолоноватые (3–5 г/л) воды с примерно равным содержанием щелочно-земельных и щелочных элементов и преобладанием последних среди катионов занимают промежуточное положение. Решение вопроса их пригодности для целей ирригации зависит от конкретных условий орошаемого массива и должно основываться на результатах опытных работ в полевых условиях. Для улучшения ирригационных свойств вод указанного состава следует предусмотреть совместную эксплуатацию водных ресурсов сульфатной кальциевой и сульфатной натриевой подзон.

Опыт использования вод повышенной минерализации для орошения в некоторых районах Западного Башкортостана показал, что слабосоленоватые воды при наличии дренажа можно успешно применять даже на тяжелосуглинистых и глинистых почвах. В условиях слабодренированных массивов, сложенных плохифильтрующими породами ($K_f < 0,1$ м/сут.), необходимо создание искусственного дренажа.

Применение подземных соленоватых вод для орошения является совершенно новой проблемой мелиоративной гидрогеологии не только в Башкортостане, но и в Волго-Уральском регионе в целом. Наибольшую актуальность она представляет для западных районов республики, где, с одной стороны, находится значительная часть орошаемых земель и, следовательно, потребность в водных ресурсах особенно высока. С другой стороны, именно здесь ощущается большой дефицит пресной воды не только для орошаемого земледелия, но и для хозяйственно-питьевого водоснабжения.

Библиографический список

1. Батанов, Б.Н. Мелиорация в Башкирии: этапы развития, новые задачи [Текст] / Б.Н. Батанов // Мелиорация и водное хозяйство. 2004. № 3. С. 3–6.
2. Абдрахманов, Р.Ф. Гидрогеоэкология Башкортостана [Текст]: монография / Р.Ф. Абдрахманов. Уфа: Информреклама, 2005. 344 с.
3. Абдрахманов, Р.Ф. Гидрогеология Южного Предуралья (в связи с поисками воды для орошения) [Текст]: монография / Р.Ф. Абдрахманов, В.Г. Попов. Уфа: БФАН СССР, 1985. 124 с.
4. Кац, Д.М. Влияние орошения на грунтовые воды [Текст] / Д.М. Кац. М.: Колос, 1976. 271 с.
5. Аверьянов, С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель [Текст] / С.Ф. Аверьянов. М.: Колос, 1978. 288 с.
6. Мустафин, Р.Ф. Влияние рельефа на запасы снежного покрова и влаги на лесных почвах [Текст] / Р.Ф. Мустафин, И.К. Хабиров, Р.Р. Султанова, А.Р. Раянова // Вестник Оренбургского государственного университета. 2017. № 6 (206). С. 85–89.
7. Мустафин, Р.Ф. Роль водоемов Башкирского Зауралья и их использование в отраслях производственной сферы / Р.Ф. Мустафин, Р.Ф. Абдрахманов, Б.Н. Батанов // Природообустройство. 2016. № 3. С. 51–56.

Сведения об авторах

1. **Абдрахманов Рафил Фазылович**, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры природообустройства, строительства и гидравлики, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, e-mail: hydro@ufaras.ru.

2. **Хасанова Луиза Маратовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры природообустройства, строительства и гидравлики, ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, e-mail: luizamaratowna@yandex.ru.

Оросительная мелиорация, представляя сложный комплекс хозяйственных и инженерных мероприятий, является важнейшим средством повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Значительная часть Башкортостана является зоной рискованного земледелия. В тех районах, где водные ресурсы (как поверхностные, так и пресные подземные) ограничены, орошение небольших массивов может базироваться на подземных водах (пресных и слабосоленых). В статье изложен опыт орошения многолетних трав и овощных культур солеными водами различного ионно-солевого состава, показывающий, что при

наличии дренажа можно успешно применять сульфатные кальциевые соленые воды даже на тяжелосуглинистых и глинистых почвах. В отдельных случаях орошение солеными водами не только не привело к засолению грунтов, но способствовало их некоторому рассолению. Приводится оценка ирригационных свойств различных соленых вод комплексом эмпирических и натурных методов. В целях решения проблем орошаемого земледелия рассмотрены особенности формирования соленых подземных вод в Башкортостане, дана оценка их прогнозных запасов и производительность водоносных горизонтов.

R. Abdrakhmanov, L. Khasanova

IRRIGATION OF PERENNIAL GRASSES AND VEGETABLE CROPS WITH WATER OF HIGH SALINITY

Key words: *irrigation; brackish groundwater; irrigation properties; crop yields; irrigation depth; perennial grasses; vegetable crops.*

Authors' personal details

1. **Abdrakhmanov Rafil**, Doctor of geological and mineral sciences, professor of the Land Management, Construction and Hydraulics department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», e-mail: hydro@ufaras.ru.

2. **Khasanova Luisa**, Candidate of technical sciences, assistant professor of the Land Management, Construction and Hydraulics department, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Agrarian University», e-mail: luizamaratowna@yandex.ru.

Irrigation reclamation being a complex set of economic and engineering activities is the most important means to increase crop productivity. The most part of Bashkortostan is an area of risk farming. Irrigation can be based on groundwater (fresh and slightly salty) in areas where water resources (both surface and fresh underground ones) are limited. The article describes the experience of irrigating perennial grasses and vegetable crops with brackish waters of different ionic and salt composition. It proves that sulfate calcium brackish waters

can be successfully applied even on heavy loam and clay soils when there is drainage. There are cases when irrigation with brackish waters did not result in soil salinization but contributed to its desalinization. A set of empiric and field methods were conducted to estimate irrigation properties of various brackish waters. To solve problems of irrigation farming the way brackish groundwater is formed in Bashkortostan was studied, there is an assessment of brackish groundwater reserves and their capacity.

© Абдрахманов Р.Ф., Хасанова Л.М.