

ВЛИЯНИЕ ОРОШЕНИЯ ВОДАМИ РАЗЛИЧНОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА НА ПОЧВЫ СУХИХ СУБТРОПИКОВ АЗЕРБАЙДЖАНА

Э. А. Гурбанов¹, доктор аграрных наук
М. Г. Мустафаев², доктор аграрных наук
З. Р. Гурбанова³, кандидат технических наук

¹Азербайджанский архитектурно-строительный университет,
г. Баку, Азербайджан

²Институт почвоведения и агрохимии Министерства науки и образования Азербайджана,
г. Баку, Азербайджан

³Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности,
г. Баку, Азербайджан

Аннотация

Установлено, что при использовании на орошение и промывку различных минерализованных вод темп и направления миграции солей и гипса в корнеобитаемой толще зависят от концентрации почвенного раствора и промывной воды. Для орошения применяется речная и артезианская вода – сульфатно-хлоридно-натриевая, в которой сумма солей колеблется от 0,85 до 4,50 г/л. Выявленный характер химизма оросительных вод сухой степной зоны в значительной степени определяет развитие процессов, свойств и уровень плодородия орошаемых серо-коричневых и лугово-сероземных почв. Величина оросительной нормы при использовании для орошения воды с минерализацией от 0,5 до 4,5 г/л зависит от гранулометрического состава, типа почвы и глубины залегания грунтовых вод.

Ключевые слова: состав воды, химический состав, солевой состав, минерализация воды, засоление почв.

Abstract

E. A. Qurbanov, M. G. Mustafayev, Z. R. Qurbanova

INFLUENCE OF IRRIGATION WITH THE WATER OF DIFFERENT CHEMICAL COMPOSITION ON SOIL IN ARID SUBTROPICS OF AZERBAIJAN

It has been established that when various mineralized waters are used for irrigation and washing, the rate and direction of migration of salts and gypsum in the root layer depend on the concentration of soil solution and wash water. For irrigation, river and artesian water is used - sulfate-chloride-sodium, in which the amount of salts ranges from 0.85 to 4.50 g/l. The identified nature of the chemistry of irrigation waters in the dry steppe zone largely determines the development of processes, properties, and the level of fertility of irrigated gray-brown and meadow-serozem soils. The value of the irrigation rate when used for irrigation water with a mineralization of 0.5 to 4.5 g/l depends on the particle size distribution, soil type and depth of groundwater.

Keywords: water composition, chemical composition, salt composition, water mineralization, soil salinization.

Введение

На территории сухих субтропиков Азербайджана в последние 50–60 лет, на фоне повсеместного повышения среднегодовой температуры воздуха, одновременно изменяется и режим осадков. За исключением отдельных регионов, на большей части зоны сухих субтропиков наблюдается сокращение их среднегодового количества (табл. 1). Поэтому территории орошаются поливной водой.

Методы оптимального управления почвенными процессами в период выращивания культур разрабатываются с учетом процессов переноса влаги в слоях почвы. На орошаемых землях конструктивное решение этого вопроса значительно осложняется разнообразным переносом солей, находящихся в почве и выносимых минеральными удобрениями. Дефицит поливной воды, существующий во всех

сухих субтропиках Азербайджана, может быть покрыт за счет подземных вод. Однако по общему содержанию солей и химическому составу эти воды сильно отличаются от речных, которые сейчас используются для орошения. Поливы водами повышенной минерализации или с неблагоприятным составом солей могут привести к резкому снижению почвенного плодородия и увеличивают трансформацию морфологических параметров почв [1].

Повышение содержания солей в поливной воде приводит, как правило, к засолению почвы, степень засоления которой зависит от минерализации воды, величины оросительной нормы, степени дренированности орошаемого массива, характера и вида орошения [2–8].

В бессточных условиях степень засоления пропорциональна содержанию в воде солей, токсичных для растений, и величине оросительной нормы (табл. 2). При промывном режиме орошения процесс соленакопления в почве определяется величиной поступления солей с поливной водой и выносом их при поливах промывного типа [5, 9–11]. Зависимость засоления от минерализации поливной воды сохраняется и при промывном режиме, но в нем заметную роль играет тип минерализации воды.

Он определяет интенсивность промывного режима, характер почвенных процессов и вымываемость различных солей [2, 9, 10, 12].

Таблица 1. Разности между средним количеством осадков в сухих субтропиках Азербайджана (периоды 1961–1990 и 1991–2022 гг.)

Станции	Сезон				Годовая разница	Апрель – октябрь
	зима	весна	лето	осень		
Билясувар	–12,6	5,5	–15,2	4,1	–18,1	–11,5
Алят	–5,2	–20,8	–10,0	8,4	–27,6	–25,3
Гаджигабул	–0,6	–7,8	–13,2	–4,8	–27,9	–17,5
Бейлаган	–1,6	1,6	–11,2	–2,9	–15,2	–17,6
Имишли	–11,3	–6,5	–15,5	–7,5	–40,8	–33,6
Джафархан	–10,0	–4,6	–15,6	–2,7	–33,0	–31,4
Зардоб	–10,8	–12,2	–5,8	–3,8	–32,5	–17,5
Евлах	–3,5	–5,4	–29,0	–15,4	–54,1	–53,8
Мингечаур	–2,5	–2,3	–11,0	–4,4	–20,4	–22,0
Нефтчала	–3,4	–14,6	–9,3	2,0	–33,8	–16,0
Гегчай	–18,7	–33,9	–19,0	–3,1	–74,7	–57,6
Гянджа	–4,8	–7,4	–22,1	2,5	–31,7	–34,7
Акстафа	–16,3	–1,3	12,6	9,4	–20,8	–15,6
Джейранчел	–11,4	–18,6	–22,9	–11,8	–64,6	–47,3
В среднем по регионам	–8,05	–9,85	–15,17	–2,14	–35,37	–28,67

Таблица 2. Содержание солей в почвах при различной интенсивности промывного режима, %

№	Водный источник	Состав воды, г/л			Объем фильтра- та, л	Величина стока, % водопо- дачи	Сухой остаток	Щелоч- ность общая НСО ₃	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na.
		минера- лизация	концентрация										
			NaCl	Na ₂ SO ₄									
<i>Непромывной режим</i>													
1	Речная вода	0,3	нет	нет	нет	нет	0,117	0,004	0,012	0,008	0,003	0,004	
2	Артезиан-1	2,6	0,6	1,8	«-»	«-»	0,666	0,089	0,268	0,018	0,003	0,166	
<i>Промывной режим</i>													
3	Речная вода	0,3	нет	нет	6,5	6,0	0,098	0,001	0,010	0,017	0,001	нет	
4	Артезиан-2	2,6	0,6	1,8	5,7	7,0	0,341	0,030	0,132	0,015	0,004	0,094	
5	Артезиан-3	2,6	0,6	1,8	7,2	8,0	0,350	0,033	0,132	0,009	0,002	0,105	
6	Артезиан-4	2,6	0,6	3,6	11,6	11,0	0,287	0,030	0,084	0,008	0,002	0,082	
7	Артезиан-5	5,1	1,2	3,6	6,1	8,0	0,685	0,088	0,276	0,013	0,003	0,205	
8	Артезиан-6	5,1	1,2	3,6	9,4	13,0	0,570	0,067	0,196	0,004	0,001	0,148	
9	Артезиан-7	5,1	1,2	3,6	14,1	17,0	0,467	0,051	0,164	0,005	0,001	0,130	

Объект и методика исследования

Основные почвы объекта исследования – серо-коричневые, лугово-сероземные и сероземные. Почвообразующие породы в предгорьях – мелкоземисто-карбонатные суглинки или лессовидные суглинки и глины. На низменной части – глинистые соленосные отложения аллювиально-пролювиального происхождения.

Основные методы исследования – сравнительно-географический и сравнительно-аналитический.

Результаты исследований и их обсуждение

Сухие субтропики Азербайджана расположены в его центральной части, по долинам рек Куры и Аракс. Их границы можно установить по координатам 45°10' до 50°20' с. ш (по Гринвичу) и 39° до 41°20' с. ш. Естественными границами зоны сухих субтропиков служат: с севера – предгорья Большого Кавказского хребта по р. Ганых и Айричай, с юга – предгорья Малого Кавказского хребта приблизительно до высот порядка 400–500 м, с запада – государственная граница с Грузией, с востока – Каспийское море.

Почвообразовательный процесс целинных почв протекает в основном в условиях недостаточной влажности при ослабленном или нередко в непромывном водном режиме, а на орошаемых – в промывном ирригационном режиме увлажнения на фоне смены периодов нисходящего и восходящего движения растворов, в составе которых преобладают кальций и магния [1].

Климат на территориях с сухими тропиками засушливый, с высокой теплообеспеченностью и недостаточным атмосферным увлажнением. Среднегодовая температура составляет +14... +15 °С; сумма активных температур 3500–4500 °С; годовое количество выпадающих осадков 250–360 мм [1].

Опыты показали, что гидрокарбонатно-натриевые воды наиболее сильно влияют на физико-химические свойства почвы, вызывают чрезвычайно токсичное содовое засоление и результаты солонцового процесса приводят к созданию бессточных условий.

При орошении минерализованными водами с нейтральной и слабощелочной реакцией интенсивность промывного режима зависит от свойств орошаемой почвы и характера минерализации воды. Исследования подтвер-

ждают, что в случае орошения безгипсовых почв водами, в которых преобладают соли натрия, ухудшаются фильтрационные свойства и усиливается соленакопление (табл. 3).

Солевой состав водных вытяжек определялся методом К. К. Гедройца [13, 14]; качественный состав солей – по инструкции «Методы агрохимических, агрофизических и микробиологических исследований в поливных хлопковых районах» (Ташкент, 1974) [1]; расчет гипса CaSO_4 – по методикам из ниже следующих источников [1, 14, 15].

Поведение гипса при поливах промывного типа зависит от типа засоления почв. В условиях хлоридно-натриевого соленакопления гипс очень подвижен, интенсивно вымывается. В почвах с сульфатно-натриевым засолением он менее активен, растворимость его понижена. Он также вымывается из гипсованных почв, но слабее, чем при хлоридном засолении. Если поливы осуществляются водами, содержащими гипс, то его накопление при хлоридном типе засоления почв не наблюдается, но оно происходит при сульфатном и хлоридно-сульфатном типах (табл. 4).

Гипс выпадает из раствора в случае сугубо сульфатного засоления при концентрации в воде более 0,7 г/л, а при хлоридно-сульфатном – более 1 г/л CaSO_4 .

При повторном орошении минерализованными водами определенного химического состава в почве происходят в основном те же химические процессы, что и в первый год полива. При поливах несолонцеватых и не подверженных солонцеватости почв степень засоления после одно- и двухлетнего орошения происходящие процессы близки к друг другу.

На второй год орошения в солонцеватых почвах отмечается некоторое накопление солей. При поливах в несолонцеватых почвах фильтрация снижается слабо, а в солонцеватых – сильно. Однако в солонцеватых почвах, засоленных нейтральными солями, она никогда не прекращается полностью, что создает возможность регулировать солевой режим поливами промывного типа.

В почвах содового засоления фильтрация снижается до нуля, а солевой режим регулирования не поддается. Соли, накопившиеся в почве при орошении минерализованными водами, удаляются промывками – для этого используют

пресные и минерализованные воды. Установлено, что в обоих случаях почвы опресняются, но при промывных поливах минерализованной водой в почве остается некоторое количество солей, удержанное ею (табл. 5).

Таблица 3. Содержание солей в почвах после орошения минерализованными водами, содержащими нейтральные соли натрия, %

Состав воды, г/л			Сухой остаток	Щелочность		Cl ^{••}	SO ^{••} ₄	Na· по разности
Минерализация	Концентрация			Общая в HCO ₃	От норм карбонатов			
	NaCl	Na ₂ SO ₄						
<i>Пресная вода</i>								
0,5	0,02	0,2	0,061	0,031	нет	0,001	0,010	нет
<i>Хлоридная вода</i>								
1,1	0,6	0,2	0,170	0,037	0,002	0,003	0,023	0,037
1,9	1,5	0,2	0,230	0,02с3	0,003	0,094	0,026	0,078
3,4	2,9	0,2	0,396	0,061	0,006	0,133	0,036	0,177
<i>Сульфатная вода</i>								
1,2	0,02	0,9	0,116	0,041	нет	0,002	0,035	0,019
2,3	0,02	2,0	0,336	0,052	нет	0,003	0,172	0,081
4,0	0,02	3,7	0,520	0,039	нет	0,002	0,293	0,134
<i>Хлоридно-сульфатная вода</i>								
2,6	0,6	1,8	0,446	0,056	0,005	0,049	0,174	0,126
4,4	0,6	3,6	0,845	0,042	нет	0,054	0,428	0,227

Таблица 4. Баланс гипса в почвах, поливавшихся сульфатно-натриевыми водами (CaSO₄ на 100 г почвы)

Состав воды, г/л			Всего внесено гипса	Вымыто из почвы	Осталось в почве
минерализация	концентрация				
	Na ₂ SO ₄	CaSO ₄			
1,3	0,8	0,3	0,413	0,159	0,254
2,4	1,8	0,3	0,504	0,273	0,231
2,9	1,8	0,8	0,865	0,748	0,617
4,2	3,6	0,3	0,340	0,734	0,306
4,5	3,6	0,7	0,550	0,234	0,315
5,5	3,6	1,7	1,376	0,443	0,933
3,8	3,46	гипс в почве	1,622	0,264	1,358
7,4	7,1	нет	нет	нет	нет
7,4	7,1	гипс в почве	1,622	0,433	1,189

Таблица 5. Влияние промывки пресной и минерализованными водами на засоленные почвы

Состав воды, г/л			Время взятия об- разца при промывке	Состав водной вытяжки, %				
минера- лизация	концентрация			сухой остаток	щелоч- ность, HCO ₃	Cl ^{••}	SO ^{••} ₄	Na [•]
	NaCl	Na ₂ SO ₄						
<i>Хлоридно-натриевое засоление</i>								
–	–	–	до	0,478	0,023	0,195	0,058	0,097
0,3	нет	нет	после	0,079	0,045	0,004	0,007	0,011
0,9	0,6	нет	после	0,107	0,049	0,011	0,012	–
–	–	–	до	0,848	0,201	0,344	0,066	0,184
0,3	нет	нет	после	0,056	0,043	0,001	0,010	0,004
1,8	1,5	нет	после	0,116	0,054	0,022	0,011	0,025
<i>Сульфатно-натриевое засоление</i>								
–	–	–	до	0,524	0,034	0,011	0,290	0,117
0,3	нет	нет	после	0,060	0,031	0,003	0,020	0,004
1,0	нет	0,7	после	0,095	0,038	0,003	0,037	0,017
–	–	–	до	1,554	0,027	0,010	0,964	0,419
0,3	нет	нет	после	0,060	0,037	0,005	0,008	0,005
2,1	нет	1,8	после	0,082	0,044	0,003	0,042	0,018

В наших исследованиях большое внимание было уделено физико-химическим реакциям, протекающим в почвах различного типа засоления, и свойствам, определяемым составом поглощенных оснований. Опыты показали, что при воздействии на карбонатные почвы большого количества солей натрия происходит частичная замена кальция на натрий и почвы приобретают солонцовые свойства.

При промывном режиме орошения создаются условия для периодического удаления продуктов обмена. В этом случае степень солонцеватости почвы определяется характером и величиной засоления. В почвах, засоленных содой, развивается сильная солонцеватость. При нейтральном соленакоплении солонцеватость почвы зависит от химической природы соли натрия и подвижности продуктов обмена. Влияние хлорида натрия на физико-химические реакции в почве сильнее, чем сульфата.

Карбонатные солонцеватые почвы в природных условиях имеют тенденцию к рассолонцовыванию. Этот процесс усиливается

при орошении пресными речными водами, внесении суперфосфата и органических удобрений. Промывки усиливают вытеснение поглощенного натрия из почвы. Этот процесс идет весьма энергично в почвах нейтрального засоления. Нейтральные солонцы теряют до 50 % поглощенного натрия за один зимний сезон. Содовые солонцы рассолонцовываются слабо.

С точки зрения возможности использования для орошения карбонатных почв натриевые воды неравнозначны. Содовые и содово-сульфатные воды для поливов непригодны, так как при орошении ими прогрессивно нарастает солонцеватость почв. Гипсированные почвы можно орошать этими водами лишь в крайнем случае в течение небольшого периода времени при обязательном контроле содержания гипса в почве.

Нейтральные натриевые воды обычно бывают смешанными по типу засоления: хлоридно-сульфатными или сульфатно-хлоридными, реже – сульфатными или хлоридными.

Выводы

Для орошения пригодны лишь слабоминерализованные воды с содержанием солей до 4 г/л – как правило, хлоридно-сульфатные или сульфатные. Эти воды можно использовать для орошения, если при сульфатном типе засоления они содержат более 0,7 г/л гипса, а при хлоридно-сульфатном более 1 г/л.

Установлены степень минерализации и изменение солевого состава полевых вод рек и

артезианских скважин в условиях сокращения количества осадков. В непромывном режиме степень засоления пропорциональна содержанию в воде солей, токсичных для растений, и величине оросительной нормы.

В процессе орошения соленакопление при промывном режиме в почве определяется величиной поступления солей поливной водой и выносе их при поливе.

Библиографический список

1. Бабаев, М. П. Основные виды деградации почв в Кура-Аразской низменности Азербайджана / М. П. Бабаев, Э. А. Гурбанов, Ф. М. Рамазанова. – Почвоведение. – 2015. – № 4. – С. 501–512.
2. Волокитин, М. П. Влияние орошения на основные свойства черноземов / М. П. Волокитин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2015. – № 1 (57). – С. 173–179.
3. Искендеров, М. Я. Использование минерализованной воды при орошении сельскохозяйственных культур в Кура-Араксинской низменности / М. Я. Искендеров // Современ. науч. вестн. – 2014. – № 21 (217). – С. 67–72.
4. Шалашова, О. Ю. Трансформация чернозема обыкновенного при длительном орошении слабоминерализованной водой сульфатно-натриевого состава / О. Ю. Шалашова, И. П. Рубцов // Мелиорация и гидротехника [Электронный ресурс]. – 2022. – Т. 12, № 3. – С. 1–14. Режим доступа: http://www.rosniipm-sm.ru/dl_files/udb_files/udb4-rec1289-field12.pdf. – Дата доступа: 2.02.2023. Doi: doi: 10.31774/2712-9357-2022-12-3-1-14
5. Эминов, С. А. Изменение почвенно-солевых процессов при орошении сельскохозяйственных культур минерализованными водами / С. А. Эминов // Актуал. вопр. мелиорации и вод. х-ва : материалы Респ. науч.-техн. конф. ученых и специалистов / АзНИИГиМ. – Баку, 1985. – С. 166–172.
6. Эминов, С. А. Изменение почвенно-солевых процессов при орошении сельскохозяйственных культур морской водой / С. А. Эминов // Тавр. науч. вісн. С.-г. науки. – 2009. – № 67. – С. 106–109.
7. Iskenderov, M. Y. Melioration and ecological state of soils based on draining degree of Kura-Araz lowland / M. Y. Iskenderov // Scient. Journ. Science Rise. – 2015. – № 2/1 (7). – P. 91–93.
8. Iskenderov, M. Y. Irrigation of saline lands with activated collector-drainage water activated in the magnetic field / M. Y. Iskenderov, M. Q. Mustafayev // Intern. Journ. of the science of food and agriculture. – 2020. – Vol. 4, N 1. – P. 24–29. Doi:10.26855/ijfsa.2020.03.005
9. Васильченко, Н. И. Изменение водно-физических свойств черноземов обыкновенных Северного Казахстана при орошении / Н. И. Васильченко, Г. А. Звягин, Р. В. Юманкулов // Вестн. Курск. гос. с.-х. акад. наук. Зем. и смеж. эколог. науки. – 2020. – № 1. – С. 13–20.
10. Щедрин, В. Н. Негативные почвенные процессы при регулярном орошении различных типов почв / В. Н. Щедрин, Х. М. Докучаева, Р. Е. Юркова // Науч. журн. Рос. НИИ проблем мелиорации. – 2018. – № 2 (30). – С. 1–21.
11. Докучаева, Л. М. Влияние длительного орошения на почвообразовательные процессы темно-каштановых почв / Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2017. – № 2 (66). – С. 198–204.

12. Бабичев, А. Н. Изменение свойств почв комплексного покрова полупустынной зоны под влиянием орошения / А. Н. Бабичев, Л. М. Докучаева, Р. Е. Юркова // Науч. журн. рос. НИИ проблем мелиорации. – 2020. – № 1 (37). – С. 105–121. Doi: 10.31774/2222-1816-2020-1-105-121

13. Гедройц, К. К. Химический анализ почв / К. К. Гедройц. – 2-е, испр. и доп. изд. – Москва – Ленинград : Гос. с.-х. изд-во «Новая деревня», 1929. – 384 с.

14. Хитнов, Н. Б. Методы определения обменных катионов, карбонатов и гипса в засоленных почвах / Н. Б. Хитнов // Методы изучения и повышения плодородия засоленных почв : коллект. монография / Почв. ин-т им. В. В. Докучаева ; под ред. Л. Л. Шишова и Б. А. Зимовца. – Москва, 1986. – С. 36–39.

15. Аринушкина, Е. В. Руководство по химическому анализу почв / Е. В. Аринушкина. – 2-е изд. – Москва : Изд-во МГУ, 1970. – 488 с.

Поступила 24 февраля 2023 г.