

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПОЧВЕННО-МЕЛИОРАТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ВОДНОГО БАЛАНСА АГРОЛАНДШАФТОВ НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

¹Фалькович А.С., ²Пронько Н.А.

¹Саратовский государственный национальный исследовательский университет имени Николая Гавриловича Чернышевского, г. Саратов, Российская Федерация

²Саратовский государственный аграрный университет имени Николая Ивановича Вавилова, г. Саратов, Российская Федерация

Аннотация. В статье представлены результаты исследования особенностей трансформации почвенно-мелиоративных процессов агроландшафтов Нижнего Поволжья под влиянием изменения водного баланса при ирригации и последующего прекращения орошения. Установлено, что увеличение приходной части водного баланса вследствие орошения при неблагоприятном сочетании плохой дренированности территории, слабой фильтрационной способности водовмещающих пород и минерализации грунтовых вод приводит к развитию неблагоприятных почвенно-мелиоративных процессов – подъему грунтовых вод и засолению почв. Доказано, что изменение типа водного питания от автоморфного к гидроморфному и состава почвенно-поглощающего комплекса существенно трансформируют основную гидрофизическую характеристику и функции влагопроводности зональных почв, которые необходимы при прогнозировании водного и солевого режимов почв. Доказано, что характер изменения солевого режима деградированных в результате вторичного засоления длительно орошавшихся почв после выведения из сельскохозяйственного использования определяется степенью дренированности территорий. Установлено, что самомелиорация почв засоленных залежных участков происходит, если дренированность обеспечивает исключение участия грунтовых вод в водном режиме корнеобитаемого слоя, что важно учитывать для вовлечения заброшенных участков в земледелие.

Ключевые слова. Водный баланс территорий, почвенно-мелиоративные процессы, подъем грунтовых вод, засоление, водный и солевой режимы почв.

THE TRANSFORMATION OF SOIL-RECLAMATION PROCESSES WHEN CHANGING THE WATER BALANCE OF AGRICULTURAL LANDSCAPES OF THE LOWER POVOLGHEE (VOLGA REGION)

¹Falkovich A.S., ²Pronko N.A.

¹Saratov State University named after N.G. Chernyshevsky, Saratov, Russian Federation

²Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, Russian Federation

Summary. The article presents the results of a study of the peculiarities of transformation of soil-reclamation processes in agricultural landscapes of the Lower Volga region under the influence of changes in the water balance during irrigation and subsequent cessation of irrigation. The increase of the income part of water balance due to irrigation in an adverse combination of poor drainability, weak filtration capacity water-bearing rocks and mineralization of ground waters leads to the development of adverse processes in soils, like a rise of groundwater and salinization. It is proved that the changes in the water supply from automorphic type to hydromorphic type and the changes in the composition of the soil-absorbing ratio significantly transform the main hydrophysical characteristic and moisture conductivity functions of zonal soils, which are required for forecasting water and salt regimes of soils. It is proved that the nature of changes in the salt regime of long-irrigated soils degraded as a result of secondary salinization after being removed from agricultural use is determined by the drainage of territories. It is established that self-reclamation of soils of saline fallow areas occurs if drainage ensures the exclusion of groundwater participation in the water regime of the root layer, which is important to take into account for the involvement of abandoned areas in agriculture.

Key words. Water balance of territories, soil reclamation processes, the rise of groundwater, salinization, water and salt regimes of soils

В аридных районах орошение является практически единственным приемом обеспечения населения необходимым количеством питания [1-3]. Однако орошение в большинстве стран мира активизировало развитие деградационных почвенно-мелиоративных процессов в поливных агроландшафтах, прежде всего засоления и заболачивания почв [4-6]. Согласно оценкам ФАО, около

25–30 млн. га из 255 млн. га орошаемых в мире земель серьезно деградировали из-за накопления солей; 80 млн. га земель подверглись засолению и заболачиванию [7]. Для управления этими процессами необходимо знать их характер и влияние на свойства и функции почв, в том числе на основную гидрофизическую характеристику и функцию влагопроводности, без которых невозможно прогнозирование водного и солевого режимов на основе математического моделирования влаго-солепереноса. При этом, если подъем грунтовых вод и засоление при орошении изучались многими учеными [8-13], то изученность влияния этих процессов на физические свойства и функции почв крайне недостаточна, особенно в Нижнем Поволжье [14-15]. В практике мирового земледелия засоленные и заболоченные земли нередко выводятся из сельскохозяйственного использования. Однако необходимость решения проблемы дефицита продовольствия и ограниченность пригодных для земледелия земель делают неизбежным использование заброшенных из-за засоления участков в земледелии. Это требует знаний происходящих в них почвенно-мелиоративных процессов, которые до начала наших исследований в регионе отсутствовали.

Целью работы было изучение влияния водного баланса территорий на почвенно-мелиоративные процессы в агроландшафтах Нижнего Поволжья. В задачи исследований входило изучение их характера при увеличении вследствие ирригации приходной части водного баланса и после восстановления природного баланса после прекращения орошения при выведении засоленных земель в разряд бросовых.

Для решения поставленных задач проводились исследования в сухостепной зоне региона, начиная с 1973 г. Климат зоны характеризуется континентальностью и засушливостью. Почвенный покров представлен в основном каштановыми почвами. Территория относится к слабодренированным. В работе использовались полевые и лабораторные опыты по изучению свойств и водно-солевого режима каштановых почв. Полевые эксперименты и обследования проводились согласно принятым методикам.

В Нижнем Поволжье в XX веке дважды происходило резкое изменение водного баланса значительных территорий. Первое связано с широкой ирригацией, начатой после 1966 г., второе – с сокращением площадей регулярного орошения после 1990 гг. главным образом за счет выведения из сельскохозяйственного оборота мелиоративно неблагоприятных земель.

За четверть века широкой ирригации в Нижнем Поволжье площадь орошаемых сельхозугодий увеличилась почти в 10 раз и достигла в Саратовской, Волгоградской и Астраханской областях, соответственно 466,0, 346,2 и 235 тыс. га. При этом орошение увеличило приходную часть водного баланса на 20-60%, что обусловило подъем грунтовых вод и вторичное засоление. При этом в первые 15 лет орошения в 10-километровой зоне к Волгоградскому водохранилищу грунтовые воды поднимались со скоростью 0,2-0,4 м/год, а далее от реки Волги – 0,5-0,7 м/год. В результате к 1990 г. доля мелиоративно неблагоприятных земель возросла до 26,9 % в Саратовской области и до 20,8% - в Волгоградской. Грунтовые воды поднялись до глубины менее 2 м на площади 14 тыс. га в Саратовской области, 7,9 тыс. га в Волгоградской и 6,5 тыс. га в Астраханской области. Площадь засоленных земель достигла соответственно 13,9; 37,5; 30,7 тыс. гектар.

При изучении гидрофизических функций темно-каштановых почв было доказано, что их характер в значительной степени трансформируется при смене автоморфного типа водного питания на гидроморфный. Рассмотрим зависимость коэффициентов влагопроводности K от относительной влажности почвы θ в форме

$$K(\theta) = K_0 \left(\frac{\theta - \theta_0}{a} \right)^{-n} \left[1 - \left(1 - \left(\frac{\theta - \theta_0}{a} \right)^{\frac{1}{m}} \right)^m \right]^2$$

где K_0 , θ_0 , a , m , n – эмпирические параметры.

Установлено, что значения этих параметров существенно различаются у почв с различным типом водного питания (рис. 1, таблица 1).

Таблица 1. Параметры зависимости коэффициентов влагопроводности K от относительной влажности почвы θ для зональных и деградированных темно-каштановых почв

Почвенная разность	Эмпирические параметры					Коэффициент корреляции
	K_0	θ_0	a	n	m	
автоморфные почвы	0,40	23,27	13,99	1,6	0,42	0,87
гидроморфные почвы	0,0025	28,73	9,63	2	0,55	0,95
неосолонцованные почвы	0,2	24,0	17,47	0,9	0,44	0,93
осолонцованные почвы	0,0001	29,5	4,38	2,6	0,6	0,99

При смене автоморфного на гидроморфный тип водного питания у террасовых темно-каштановых почв наблюдается уменьшение коэффициента влагопроводности при малых по абсолютной величине значениях потенциала. Так, при уменьшении относительной влажности в интервале от 1 до 0,1 у гидроморфных почв значения коэффициента влагопроводности снижаются на два порядка, а у автоморфных – на три (с 0,001 до 10^{-5} м/сут и с 0,1 до 10^{-4} м/сут. соответственно). Это обусловлено реорганизацией структуры порового пространства, связанной с изменением плотности, а также характера распределения пор по размерам. Последнее у гидроморфных почв по сравнению с автоморфными отличается большей однородностью. У гидроморфных почв при уменьшении влажности небольшой объем крупных и средних пор, который обеспечивает капиллярную проводимость, быстро освобождается, и в последующем основную роль начинает играть пленочная проводимость. У автоморфных почв при уменьшении влажности в том же интервале часть средних пор продолжает оставаться занятой влагой. В связи с этим капиллярная составляющая более существенна, а ее уменьшение значительно влияет на величину общей влагопроводности.

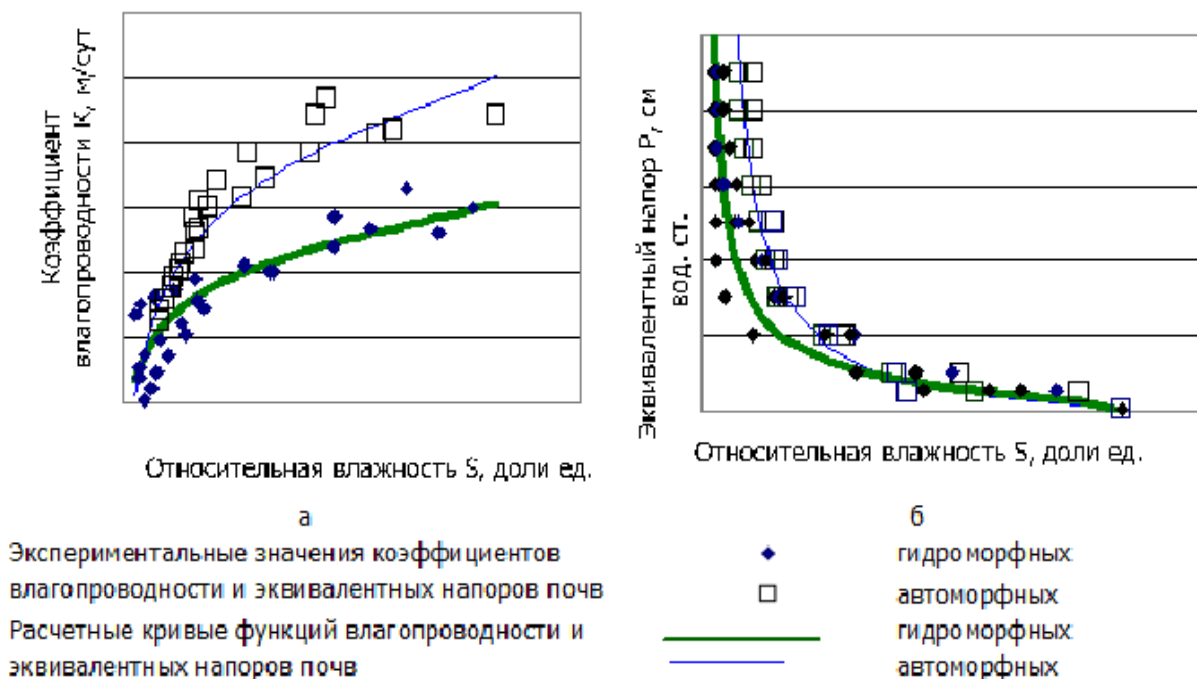


Рисунок 1 - Зависимости коэффициента влагопроводности (а) и эквивалентного напора (б) от относительной влажности почвы для автоморфных и гидроморфных темно-каштановых почв

Изменение агрофизических свойствах темно-каштановых почв при смене типа водного режима отразилось также на характере кривых водоудерживания (рис. 1). У гидроморфной почвы по сравнению с автоморфной сужается диапазон доступной влаги, с 14,0 до 9,6 % от объема почвы. Следовательно, у гидроморфной почвы по сравнению с автоморфной уменьшается водоотдача, доля проводящих пор и увеличивается доля влагосохраняющих пор.

Как показали исследования, существенное влияние на агрофизические свойства почв оказывает и осолонцевание. Повышение содержания поглощенного натрия и доли илистых частиц, переместившихся из верхнего слоя, способствовало увеличению прочносвязанной адсорбированной воды. Это способствовало уменьшению коэффициента влагопроводности в слое 30-40 см и значительному изменению функций влагопроводности. Параметры функций влагопроводности приведены в таблице 1.

Влияние осолонцевания подтверждают и кривые водоудерживания для этих почв. Диапазон доступной влаги в результате осолонцевания уменьшается с 17,5 до 4,4% от объема почвы. Это свидетельствует о том, что в результате осолонцевания уменьшается доля проводящих и увеличивается доля влагосохраняющих пор.

Влияние изменения водного баланса территорий на водный и солевой режим темно-каштановых почв Нижнего Поволжья изучали на четырех стационарных участках, характеризующихся разными эколого-мелиоративными условиями, которые были выведены из сельскохозяйственного использования с разной степенью деградации вследствие подъема грунтовых вод и засоления.

На первом участке за 16 лет орошения (1966-1982 гг) гидрокарбонатно-сульфатно-натриевые грунтовые воды (минерализация 1 г/л) поднялись на глубину 0,8-1,0 м. После прекращения орошения

и вывода участка из категории пахотных на фоне слабой дренированности произошло понижение уровня грунтовых вод с 0,8-1,0 до 2,0-2,5 м. Они перестали принимать участие в водопотреблении растений. Следствием этого стало перераспределение солей по почвенному профилю, произошедшее под влиянием весеннего снеготаяния. В результате этого в пахотном слое значительно уменьшилось содержание токсичных солей, а наибольшая концентрация ионов сместилась в слой 50-75 см (рис. 2).

Аналогично развивался процесс солепереноса на втором и третьем участках, на которых за 16 лет орошения (1966-1982 гг) грунтовые воды поднялись и находились на глубине 1,1-1,2 м, а после прекращения орошения опустились ниже 2 м. В результате на втором участке за 15 лет (1991-2005 гг.) в течение которых участок не использовался в сельхозобороте, почвы пахотного и подпахотного горизонтов (0-30 и 30-50 см) потеряли много токсичных солей и перешли из сильно- и среднесоленных (соответственно по горизонтам) в слабозасоленные. Одновременно в слое 50-75 см произошло увеличение содержания солей.

Иначе развивался процесс солепереноса на бессточном четвертом участке. Несмотря на то, что за 16 лет орошения (1966-1982 гг) сульфатно-гидрокарбонатно-кальциевые грунтовые воды (минерализация 1 г/л) поднялись до глубины 0,7 м., верхний полуметр оставался незасоленным. За 21 год (1984-2005гг.) после прекращения орошения и вывода земель из разряда пахотных на участке из-за отсутствия отточности уровень грунтовых вод не понизился, грунтовые воды продолжали участвовать в водопотреблении растений. В следствие этого произошло перемещение токсичных солей из второго в верхний полуметр, который из незасоленного стал среднесоленным, а метровый слой из слабозасоленного – среднесоленным.

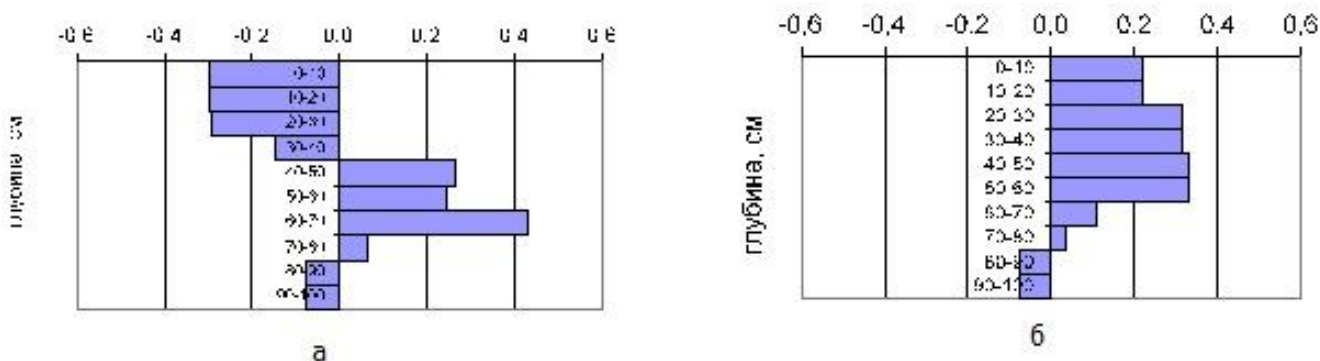


Рисунок 2 – Изменение содержания ионов токсичных солей по почвенному профилю за два десятилетия после прекращения орошения и вывода из категории пахотных на первом (а) и четвертом (б) участках

Выводы. Водные мелиорации в Нижнем Поволжье увеличили приходную часть водного баланса его агроландшафтов, что при нередко встречающемся в регионе неблагоприятном сочетании слабой дренированности и фильтрационной способности водовмещающих пород, повышенной минерализации грунтовых вод обусловило развитие неблагоприятных почвенно-мелиоративных процессов – подъем грунтовых вод и засоление почв.

Изменение типа водного питания от характерного для агроландшафтов региона автоморфного на гидроморфный, обусловленное подъемом грунтовых вод, существенно трансформирует свойства зональных почв, что проявляется в уменьшении коэффициента влагопроводности при малых по абсолютной величине значениях потенциала. Так, при уменьшении относительной влажности в интервале от 1 до 0,1 у гидроморфных почв значения коэффициента влагопроводности снижаются на два порядка, а у автоморфных – на три, что обусловлено реорганизацией структуры порового пространства, связанной с изменением плотности, а также характера распределения пор по размерам.

Усиливающееся при орошении изменение состава почвенно-поглощающего комплекса негативно влияет на свойства темно-каштановых почв: при влажности, близкой к полной влагоемкости, в осолонцованной почве коэффициент влагопроводности на 3 порядка больше по сравнению с неосолонцованной почвой, а диапазон доступной влаги у осолонцованной почвы уменьшается в 4 раза по сравнению с неосолонцованной.

Изменение типа водного питания от автоморфного к гидроморфному и увеличение обменного натрия в составе почвенно-поглощающего комплекса существенно трансформируют основную гидрофизическую характеристику и функции влагопроводности зональных почв.

При выведении земель из орошения и категории пахотных, сопровождающемся восстановлением присущих агроландшафтам региона значений приходной части водного баланса, даже на фоне слабой дренированности происходит медленное понижение уровня грунтовых вод на 0,07-0,10 м в год, и исключения их участия в водном режиме корнеобитаемого слоя, при котором

наблюдается перераспределение солей по почвенному профилю: уменьшение содержания токсичных солей за счет весеннего снеготаяния в верхнем полуметровом слое и увеличение во втором полуметре, в результате чего почвы переходят из среднесоленных в незасоленные и из сильно в среднесоленные. На бессточных участках понижения уровня грунтовых вод не отмечено и на них засоление только усиливается даже в отсутствии орошения.

Список использованных источников

1. Le Quang Bao, E. Nkonya, A. Mirzabaev Biomass Productivity-Based Mapping of Global Land Degradation Hotspots // ZEF-Discussion Papers on Development Policy. Bonn, 2014. No. 193. 57 p.
2. Cunningham, W.P. Environmental science: a global concern. New York: McGraw Hill Co., 2010. 618 p.
3. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения. М.: МСХ РФ. 2013. 66 с.
4. J.L. Hatfield, T.J. Sauer, R.M. Cruse. Soil: The forgotten piece of the water, food, energy nexus // Advances in agronomy. 2017. v. 143. P. 1-46. DOI: 10.1016/BS.AGRON.2017.02.001.
5. S.A. Banwart, et. al. soil functions in earth's critical zone: key results and conclusions // Advances in agronomy. 2017. V. 142. P. 1-27. DOI: 10.1016/BS.AGRON.2016.11.001
6. S. Rousseva et al. Soil water characteristics of european soiltrac critical zone observatories // advances in agronomy. 2017. V. 142. P. 29-72. DOI: 10.1016/BS.AGRON.2016.10.004
7. Food and Agriculture Organization of the United Nations / [Электронный ресурс]; режим доступа: www.fao.org. Date Views 20.02.2020.
8. Горохова И.Н., Панкова Е.И., Харланов В.А. Изменения мелиоративного состояния орошаемых почв волгоградской области В XXI Веке // Почвоведение. 2019. № 5. С. 595-612
9. Семендяева Н.В., Добротворская Н.И., Елизаров Н.В. вторичное засоление химически мелиорированных солонцов и его последствия // Почвоведение. 2019. № 11. С. 1373-1382. DOI: 10.1134/S0032180X19110091
10. Горохова И.Н., Хитров Н.Б., Прокопьева К.О., Харланов В.А. Почвенный покров светлярской оросительной системы через полвека мелиоративных воздействий // Почвоведение. 2018. № 8. С. 1033-1044. DOI: 10.1134/S0032180X18080130
11. Ovchinnikov A.S. The state and prospects of reclamation development in the Volgograd area / A.S. Ovchinnikov, M.M. Bubenchikov, A.A. Pakhomov - Природообустройство. 2011. № 4. С. 12-15.
12. Антипов-Каратаев, И. Н. Об изменении основных химических свойств главнейших почв Заволжья при орошении // Проблемы советского почвоведения. - М.- Л.: АН СССР, 1940. - С. 117-158.
13. Барановская, В. А., Азовцев, В. Н., Околелова, А. А. О процессах трансформации органической части почвы Нижнего Поволжья при орошении // Повышение плодородия орошаемых почв при интенсивном использовании: Сб. науч. тр. - Волгоград, 1989. - С. 79-86.
14. Овчинников А.С., Пронько Н.А., Бородычев В.В., Фалькович А.С. Причины вторичного засоления орошаемых почв Нижнего Поволжья и его прогнозирование на основе математического моделирования влагопереноса // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 2 (50). С. 9-17
15. Новиков А.А. формирование почвенных процессов при орошении в условиях гидроморфного гидрологического режима // Мелиорация и водное хозяйство. 2017. № 5. С. 19-22