ПРОГНОЗ ПОСЛЕДСТВИЙ ОРОШЕНИЯ ПРИОАЗИСНЫХ ПЕСЧАНЫХ ПОЧВ НА ЭКОЛОГО- МЕЛИОРАТИВНОЕ СОСТОЯНИЕ ПУСТЫНИ

Л.Л. Шишов, Э.Т. Пягай

Ныне понятие почвенно-мелиоративное прогнозирование не однозначно и имеет двоякий смысл: собственно прогнозирование, когда решение прогнозной задачи проводится для реального временного периода, и прогнозирование как предсказание, когда прогнозные расчеты ведутся без конкретной временной привязки. Большинство почвенных прогнозов относятся ко второму типу, поскольку в качестве параметров предсказания рассматриваются изменения определенных свойств почв (физических, химических, гидрологических и др.) под воздействием природных или антропогенных факторов. Решение же прогнозных задач, связанных, например, с обоснованием проектов рационального использования водных ресурсов или охраны почв должно проводиться для конкретного периода времени.

Однако следует отметить, что при этом типе прогнозирования достоверность результатов устанавливается априори, с той или иной степенью вероятности, поскольку реально такая оценка может быть дана лишь по истечении времени предсказания. Это обстоятельство предъявляет определенные требования, как к методике прогнозирования, так и к выбору прогнозных математических моделей и схемы расчетов.

В настоящее время для составления почвенных эколого-мелиоративных прогнозов используются, как правило, детерминированные модели, основанные на воспроизведении процессов, протекающих в самой почве и в окружающей среде. Рассмотрим решение прогнозной задачи, связанной с оценкой последствий орошения песчаных почв Прикопетдагского оазиса на эколого-мелиоративное состояние прилегающей к нему территории пустыни Каракумы.

Современные требования к рациональному природопользованию, в частности, к освоению приоазисных песчаных почв, предусматривают решение ряда научных проблем, связанных как с регулированием их водно-солевого режима, так и прогнозом последствий орошения. Рассматриваемые пустынные песчаные почвы занимают (в географическом отношении) промежуточное положение между оазисами и песчаной пустыней. Вследствие такого расположения они подвержены действию широкого спектра природных и антропогенных факторов. Поэтому сложившаяся на сегодняшний день экологическая обстановка в этой

(приконтактной) зоне неоднородна и не может рассматриваться как устойчиво стабильная. Нарушение установившегося локального равновесия здесь может привести к разрушению экосистемы пустыни.

Таким образом, для освоения приоазисных пустынных песков, кроме обоснования параметров регулирования их водно-солевого режима (способа и технологии орошения, нормы и минерализации поливной воды) необходимо оценить и возможные отрицательные последствия орошения. По существу решение этой задачи сводится к прогнозу уровня режима и минерализации грунтовых вод в различные сроки освоения этих почв. Рассмотрим методику прогноза подтопления приоазисной территории при орошении пустынных песчаных почв.

На орошаемом поле при слабой естественной дренированности территории скорость подъема уровня грунтовых вод (V_h) определяется, главным образом, интенсивностью инфильтрации (W_{inf}) и недостатком насыщения почвогрунтов, слагающих зону аэрации (M_n):

$$V_h = W_{inf} / M_n. \quad (1)$$

Из зависимости (1) следует, что по мере уменьшения (увеличения) M_n при неизменной среднегодовой инфильтрации скорость подъема уровня грунтовых вод возрастает (снижается). Оценим на основе анализа режима уровня грунтовых вод возможные экологические последствия, связанные с подтоплением орошаемых территорий при различной мощности зоны аэрации, реальных (установленных на основе экспериментов) нормах и графиках поливов на примере Прикопетдагского оазиса.

Прогнозные расчеты режима грунтовых вод на приоазисных песках проводились по следующей схеме. В численных экспериментах рассматривались три исходные глубины залегания грунтовых вод: более 15, 10 и 5 м; эти глубины характерны для приоазисных песков, приуроченных к зоне Каракумского канала. В зоне орошения расчеты проводились при глубине залегания грунтовых вод 8, 5 и 3 м. В прогнозной (расчетной) схеме режим орошения оазисных почв принимался таким же, что в рекомендациях принятых для этого региона, а поливной режим пустынных песчаных почв – по результатам лизиметрических исследований. Значение величины недостатка насыщения при глубине залегания уровня грунтовых вод более $3H_k$ (H_k – высота капиллярного поднятия) принималось постоянным; для песчаных почв M_n было равным 0,21, для легкосуглинистых – 0,16, а для средне- и тяжелосуглинистых – 0,11.

При соблюдении рекомендуемого режима орошения минимальные потери воды на инфильтрацию составляют обычно более 20 % суммарной водоподачи (O_p); в расчетах значения W_{inf} на орошаемых территориях оазиса принимались равными 30 %, а в приоазисных песках – 40%.

При таком гидрологическом режиме, даже если принять достаточно высокую естественную дренированность территории равной 200 мм/год, скорость подъема грунтовых вод будет высокой и составит 1,5 м/год. Результаты прогнозных расчетов представлены в таблице 1.

Анализ результатов численных экспериментов показал, что в условиях орошения годовое приращение уровня грунтовых вод на территории оазиса будет варьировать от 1 до 2 м. Причем на идентичных по характеру дренированности участках наибольший подъем грунтовых вод (до 2 м/год)

Таблица 1. Прогнозные сроки подъема уровня грунтовых вод до глубины, равной полуторной высоте капиллярного поднятия, годы.

Гранулометрический состав почвы	Исходная глубина залегания УГВ, м				
	20	15	10	5	3
Песчаный ($O_p = 1200$ мм, $W_{inf} = 40\%$ от O_p , $M_n = 0.21$)	10,5	7,7	5,0	2,2	1,1
Легкосуглинистый ($O_p = 1500$ мм, $W_{inf} = 30\%$ от O_p , $M_n = 0.16$)	11,5	8,3	5,1	2,0	–
Среднесуглинистый ($O_p = 1500$ мм, $W_{inf} = 25\%$ от O_p , $M_n = 0.13$)	13,0	9,3	5,6	1,8	–
Тяжелосуглинистый ($O_p = 1500$ мм, $W_{inf} = 20\%$ от O_p , $M_n = 0.11$)	18,7	13,2	7,7	2,2	–

будет отмечаться в зоне распространения приоазисных песков, что обусловлено высокими потерями воды на инфильтрацию в песчаных почвах. Так, при суммарной водоподаче на обводнение приоазисных песков порядка 12 тыс. м³/га и интенсивности инфильтрации, составляющей примерно 40%, годовая скорость подъема уровня грунтовых вод здесь составит 1.8 м. При таких темпах подъема воды отрицательные последствия орошения на экологию пустыни могут проявиться через 2-10 лет в зависимости от исходной глубины залегания уровня грунтовых вод (УГВ). Даже при очень глубоком (20 м) залегании УГВ подтопление приоазисных песков возможно уже через 10 лет. В действительности все это происходит гораздо быстрее и связано с тем, что в настоящее время практически весь объем дренажно-коллекторных вод, отводимых с орошаемых земель подгорной равнины Копетдага, сбрасывается в пески. При реальных нагрузках на дренаж суммарная годовая норма водоотведения с орошаемых полей в рассматриваемом регионе составляет порядка 3-4 тыс.м³/га. Если весь объем этого стока сбрасывать за

пределы оазиса в песчаную пустыню, то экологическая катастрофа в зоне влияния Каракумского канала должна произойти через 20-25 лет даже без орошения пустынных песчаных почв. В действительности, сложившиеся условия орошения и отвода дренажно-коллекторных вод привели к подтоплению пустынных песчаных почв, прилегающих к орошаемым массивам. Если за начало процесса сброса оросительных и дренажных вод принять время прихода в Прикопетдагский оазис амударьинской воды, то сложившиеся здесь ныне почвенно-экологические условия по времени совпадают с установленными на основе прогнозных расчетов сроков подтопления песчаных массивов. С учетом реальных условий отвода в пески дренажных вод орошение пустынных песчаных почв традиционно пресными водами заметно усложнит и без того не очень благоприятную обстановку в зоне Каракумского канала. В связи с этим, представляется целесообразным использовать для орошения кормовых культур и обводнения естественных пастбищ пустыни не пресные, а минерализованные коллекторно-дренажные воды.

Вблизи канала, орошение пустынных песчаных почв может проводиться и подземной (грунтовой) водой, минерализация которой в узкой полосе (0.5 км) вдоль канала не превышает обычно предельно допустимую (3 г/л) для полива кормовых культур. Вместе с тем освоение песчаных почв с экологически безопасными последствиями может продолжаться только первые несколько лет при условии, что грунтовые воды залегают на глубине 10 м; при глубине 5 м орошение можно проводить только 2 года, а после этого обводнение песчаных почв возможно только на фоне дренажа. При этом оптимальное проектирование оросительной и дренажной сети (или комбинированной оросительно-осушительной сети) на приоазисных песках должно проводиться с учетом конкретных ирригационно-хозяйственных условий в зоне традиционного орошения. Таким образом, результаты прогнозных расчетов показали, что среднегодовая скорость подъема уровня грунтовых вод в зависимости от гранулометрического состава почв варьирует от 1 до 2 м. При таких темпах подъема уровня грунтовых вод при исходной его глубине 20 м нежелательный мелиоративный режим в песчаных почвах может сложиться примерно через 10 лет, а в суглинистых почвах – максимально через 18 лет. Начиная с глубины залегания УГВ 10 м, различие в сроках его подъема до экологически опасной глубины практически не обнаруживается. Отмеченную важную особенность необходимо учитывать при проектировании мелиоративных систем и обосновании рационального использования песчаных почв под кормовые культуры.

Кроме того, прогнозные расчеты показали, что для растениеводческого освоения песчаных почв и их охраны от подтопления и засоления необходимо поэтапное строительство дренажно-коллекторной сети уже

в первые годы их обводнения. Следовательно, проблема охраны экосистемы пустыни должна решаться в комплексе с решением задач оптимального проектирования водорегулирующей сети для орошения песчаных почв минерализованной водой. Однако при этом возникают сложности, связанные с обоснованием критериев и параметров оптимизации. Так, например, для обоснования наилучшей (из нескольких сравниваемых вариантов) осушительно-обводнительной сети необходимо знание количественного критерия их оценки, на основе которых можно было сделать такой выбор.

В настоящее время при решении оптимизационных задач в качестве критерия оптимизации обычно используют показатель валовой (товарной) продукции или показатель чистого дохода, которые в сложившейся системе сельскохозяйственного планирования считаются примерно равноценными.

При таком подходе решение задач оптимизации может быть сведено к решению экономико-математической задачи, суть которой – максимизация некоторой функции, характеризующей условный чистый доход при соблюдении ряда условий и ограничений (для переменных), связанных с производством сельскохозяйственной продукции.

В решении задач, связанных с обоснованием рационального мелиоративного режима на приоазисных песчаных массивах при орошении минерализованной водой, в качестве критерия оценки можно использовать показатель, характеризующий сумму приведенных затрат. Такой подход представляется возможным, поскольку обеспечение рационального мелиоративного режима предполагает выполнение определенных требований по улучшению и дальнейшему повышению плодородия почв и получению запланированного (заданного) урожая сельскохозяйственных культур при минимальных совокупных затратах. Основными показателями мелиоративного режима, как известно, являются глубина залегания УГВ, режим увлажнения и осушения, определяемые параметрами орошения и дренажа.

В зависимости от положения УГВ, их участие в почвообразовательном процессе различно; при весьма слабом взаимодействии грунтовых вод с почвой – это автоморфный тип и, наоборот, при сильном – гидроморфный тип мелиоративного режима. Промежуточное положение занимают полуавтоморфный и полугидроморфный типы. Для рассматриваемого региона Прикопетдагского оазиса, как и для всей Средней Азии, наиболее рациональным в мелиоративном отношении считается полуавтоморфный тип почвообразования. Однако в каждом конкретном случае обоснование и выбор оптимального мелиоративного режима должны проводиться на основе технико-экономических расчетов. Рассмотрим порядок расчета оптимального мелиоративного режима по

критерию приведенных затрат (**Пз**) на строительство и эксплуатацию дренажной сети.

При таком подходе выбор рационального варианта мелиоративного освоения приоазисных песчаных почв проводится на основе минимизации показателя **Пз** при заданной урожайности сельскохозяйственных культур (Инструкция по определению экономической эффективности, 1979):

$$\text{Пз} = \text{Кэ Сд Ис Ив}, \quad (2)$$

где **Кэ** – нормативный коэффициент эффективности капитальных затрат, принимаемый равным 0.15; **Сд** – суммарное удельное капитальное вложение на строительство дренажной сети, руб./га; **Ис** – суммарные ежегодные издержки, связанные с амортизационным отчислением (**Иа**) и затратами на ремонт (**Ир**), руб./га; **Ив** – издержки, связанные с дополнительными затратами водных ресурсов по сравнению с оптимальным мелиоративным режимом.

Согласно Нормативам удельных капитальных вложений в водохозяйственное строительство (1984) затраты на капитальное строительство (**Сд**) определялись, исходя из стоимости 1 погонного метра закрытого дренажа заданного диаметра трубы и глубины ее заложения (**Нд**). Стоимость 1 погонного метра дренажа (цены 1989 г.) в зависимости от глубины его заложения (диаметр трубы 125 мм) равнялась 10 руб. при глубине дренажа 2.5 м, 11 руб. – при 3 м и 13 руб. – при 3 м.

Затем проводились расчеты суммарных мелиоративных издержек в соответствии с нормативными документами, согласно которым значения **Иа** составляют 0.034 **Сд**, а **Ир** – 0.005 **Ис**. И, наконец, затраты, связанные с дополнительным привлечением воды на орошаемые площади (**Ив**), рассчитывались в соответствии с Руководством по определению экономической эффективности новой поливной техники (1981); для Туркменистана средняя стоимость (на 1989 год) 100 м³ пресной воды составляет 16.5 руб. Результаты технико-экономических расчетов представлены в таблице 2.

Анализ данных приведенных затрат, несмотря на некоторую условность расчетов по стоимости (по ценам до 1985 г.) показал, что с экономической точки зрения наиболее рациональным является вариант освоения приоазисных песчаных почв, при котором междреннее расстояние составляет 600 м; при таком междренье глубина заложения дренажа должна быть не менее 3.5 м.

Соблюдение указанных параметров дренажа на приоазисных песках позволяет орошать сельскохозяйственные культуры водой с минерализацией до 3 г/л и нормой порядка 8300 м³/га без ухудшения экологической обстановки в зоне приоазисной песчаной пустыни.

Таблица 2. Технико-экономические расчеты приведенных затрат на создание вариантов мелиоративного режима

Ва- риант	Нугв (Ндр),м	Ор,	Эв,	Сд	Кэ-Ид	Ис	Ив	Пвз
		м ³ /га		руб./га				
1	2,0 (2,5)	8300	600	500	75,0	19,5	–	94,5
	2,5 (3,0)	8700	200	550	82,5	21,5	66	170
	3,0 (3,5)	8900	–	650	97,5	25,5	99	222
2	2,0 (3,0)	8300	600	275	41,0	11,0	–	52
	2,5 (3,5)	8700	200	325	49,0	13,0	66	128
3	1,5 (3,0)	8600	300	183	27,5	7,0	49,5	84
	2,0 (3,5)	8300	600	217	32,5	8,0	–	41
4	1,5 (3,5)	8600	300	163	24,5	6,5	49,5	80,5

Примечание: Вариантам 1, 2, 3, 4 соответствуют междренные расстояния 200, 400, 600, 800 м; Нугв – уровень грунтовых вод; Ндр – глубина заложения дренажа; Эв – экономия воды, остальные обозначения в тексте.

Таким образом, проведенные прогнозные расчеты показали, что проблема охраны экосистемы пустыни Каракумы должна решаться совместно с решением задач рационального природопользования, в частности, рационального освоения пустынных песчаных почв под кормовые культуры на базе их орошения слабоминерализованными (до 3 г/л) подземными и коллекторно-дренажными водами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Инструкция по определению экономической эффективности использования новой техники, удобрений и рационализаторских предложений в орошении и осушении земель, обводнений пастбищ и мелиоративном строительстве. М.: Минводхоз СССР, 1979. 168с.

Нормативы удельных капитальных вложений в водохозяйственное строительство. М.: Минводхоз СССР, 1984.78с.

Руководством по определению экономической эффективности новой поливной техники (ВТР-0-4-81).М.: Минводхоз СССР, 1981. 267с.