

**Э. К. Мирзакеев\***, к.с.-х.н., **Т. Ш. Кубиева**, к.б.н.

Казахский НИИ почвоведения и агрохимии им. У. Успанова\*

Национальный центр научно-технической информации

### **ИРРИГАЦИОННАЯ ЭРОЗИЯ ПРЕДГОРНЫХ ТЕМНО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ЗАИЛИЙСКОГО АЛАТАУ**

---

---

Изложены результаты изучения ирригационной эрозии на орошаемых землях предгорий Заилийского Алатау. Дана оценка водопрочности агрегатов орошаемых темно-каштановых почв. Установлены качественные показатели изменения физических и химических свойств почв при длительном орошении.

**Ключевые слова:** ирригационная эрозия, предгорные почвы, водопрочность агрегатов, почвы, орошаемые почвы.



Іле Алатауының бектеріндегі суармалы жерлердегі ирригациялық мүжілуді зерттеу нәтижелері баяндалған. Суармалы қара-қоңыр топырақтар агрегаттарының суға мықтылығына баға берілген, топырақты ұзақ уақыт суарғандағы физикалық және химиялық қасиеттерінің өзгеруінің сапалық керсеткіштері анықталған.

**Түйінді сөздер:** ирригациялық мүжілуі, тау бектеріндегі жерлер, топырақтар агрегаттарының суға мықтылығы, суармалы жерлер.



The work presents results of study of irrigation erosion on irrigated lands on foothills of Trans-Ili Alatau. The article gives estimation of water-stable aggregates of the irrigated dark soils; the quality indicators of the physical and chemical properties of soils in long-term irrigation are established.

**Key words:** irrigation erosion, submontane soil, water-stable aggregates of soils, irrigated soils.

Ирригационная эрозия почв является наиболее опасным и разрушительным антропогенным процессом. Смыв плодородного верхнего слоя почв, уменьшение площади пашни при увеличении количества ирригационных оврагов наносят громадный

ущерб сельскому хозяйству. Процессы ирригационной эрозии относятся к числу наиболее активных факторов трансформации и деградации почвенного покрова на обрабатываемых орошаемых землях. Уклон поверхности орошаемых участков (более 0.01) определяет направление процессов дифференциации питательных веществ по склону. В течение многолетнего использования орошаемых почв дифференциация питательных веществ способствует их деградации [1].

Последствия эрозионной деградации почв и почвенного покрова многообразны (уменьшение мощности плодородного слоя почв, ухудшение их физико-химических и биологических свойств, изменение гранулометрического и минералогического состава пахотного горизонта, дефрагментация почвенного покрова). Интеграция всех результатов эрозионной деградации порой затруднительна, что обуславливает выбор нескольких первостепенных ее показателей. Мощность гумусового горизонта - основной и легко определяемый параметр эрозионного контроля в полевых условиях. Кроме того, этот параметр морфологического строения профиля, наряду с гумусированностью почвы, используется во многих классификациях эродированности почв [2].

В предгорной зоне Заилийского Алатау на больших площадях наблюдается ирригационная эрозия. Практика хозяйствования и изучения результатов многочисленных исследований показали, что существующая система земледелия не обеспечивает рационального использования биоклиматических, земельных и водных ресурсов, а интенсификация сельскохозяйственного производства сопровождается ухудшением состояния природной среды в результате развития деградационных процессов, и в первую очередь снижения плодородия почв.

Рассматривая вопрос о потенциальной опасности эрозии почв при поливе сельскохозяйственных культур по бороздам, следует отметить, что роль климатического фактора выполняют здесь элементы технологии полива (расход воды, длительность полива).

Важнейшими морфологическими показателями рельефа

являются крутизна, длина, форма продольных профилей и экспозиция склонов. При оценке потенциальной опасности эрозии почв из перечисленных показателей следует учитывать крутизну и форму склонов. Роль длины склона в этом случае играет длина борозды. Влияние длины поливной борозды на смыв почвы обусловлено тем, что расход воды уменьшается с увеличением расстояния от начала борозды в связи с впитыванием воды в почву. С уменьшением расхода воды снижается скорость потока, поэтому наибольший смыв почвы наблюдается в головной части борозды. При движении вдоль борозды он уменьшается и вовсе прекращается. Зона смыва сменяется зоной транзита наносов, а затем зоной аккумуляции. Густота ручейковой сети при поливе по бороздам зависит не от микрорасчлененности поверхности, а от ширины междурядий.

Среди почвенных показателей непосредственное влияние на потенциальную опасность ирригационной эрозии оказывает противозерозионная стойкость почвы. Такие показатели, как генетический тип почвы, механический состав, степень смытости, оказывают косвенное воздействие через указанный показатель. Нет необходимости учитывать фактор растительности при оценке потенциальной опасности эрозии почв при поливе сельскохозяйственных культур по бороздам, так как в этом случае растения не оказывают какого-либо почвозащитного действия. Интенсивность ирригационной эрозии зависит главным образом от соотношения эродирующего воздействия потока и способности почвы сопротивляться этому воздействию, т. е. от ее противозерозионной стойкости [3-5].

Практика орошаемого земледелия показывает, что ирригационная эрозия почв значительно распространена на предгорной равнине Заилийского Алатау [6-8]. Изучение ирригационной эрозии проводилось на поливных землях Института картофельного и овощного хозяйства. Исследования выполнены путем экспедиционных, стационарных (на опытных и ключевых участках орошаемого поля) и лабораторных исследований, проводимых в соответствии с принятыми методиками.

Интенсивность выноса почвенных частиц при поливе по бороздам учитывалась путем отбора пробы воды на мутность.

Мутность воды определялась по пробам, отбираемым в конце борозды, через 5, 15, 30, 60, 120, 240, 1440 мин. Наносы отфильтровывались, высушивались и взвешивались. По объему воды, ушедшей в сброс и средневзвешенной величине твердого стока, определяли количество почвы, вынесенной за пределы орошаемого поля. Расход воды учитывался в течение всего опыта с помощью треугольных водосливов в головной и концевой частях борозды.

В продуктах смыва определялись: гранулометрический состав методом пипетки с предварительной обработкой пирофосфатом натрия (модификация Грабарова); водопрочность структуры по методике Н. И. Савинова, гумус по методу И. В. Тюрина, общий азот - по Къельдалю, подвижный фосфор - по Мачигину в модификации Грабарова с последующим определением на ФЭК-56 М; подвижный калий - по Мачигину в модификации Грабарова с последующим определением на пламенном фотометре FLAPHO-4 (1981); поглощенные основания (Ca, Mg) - трилонометрическим методом.

В процессе орошения под влиянием эрозионных процессов в пахотном горизонте происходят изменения в содержании гумуса и питательных элементов. Установлено, что размеры потерь гумуса и питательных элементов в условиях орошения зависят от способа и техники полива почвы, от ее химических и физических свойств. Питательные вещества уносятся со смытыми почвенными частицами и в растворенном виде со сбросными водами. Так, до полива в горизонте (0-10 см) содержание гумуса в смываемой и аккумулятивной зонах составило 2,0 и 2,35 %. Произошли изменения и в содержании общего азота, подвижного фосфора и калия. Содержание общего азота до полива в смываемой зоне составляет 0,12 %, подвижного фосфора - 11,6 мг/кг, а после полива наблюдается снижение гумуса до 0,08 %, подвижного фосфора - до 10,2 мг/кг. В зоне аккумуляции после полива отмечено наибольшее содержание общего азота - 0,15 %, подвижного фосфора - 16,0 мг/кг.

В результате почвенно-эрозионного обследования этих земель выявлены средне- и сильносмываемые почвы. Средне- и сильносмываемые темно-каштановые почвы, как правило, не имеют го-

ризонта А, поскольку по мере ирригационного смыва его в распашку вовлекаются нижележащие горизонты, и пахотный слой представляет собой смесь горизонтов А и В. С учетом полученных результатов установлено, что изменение механического состава средне- и сильносмытых почв, пахотным слоем которых служит смесь неоднородных по гранулометрическому составу горизонтов, обуславливается дифференциацией почвенного профиля. Поэтому под воздействием эрозионных процессов происходит утяжеление механического состава пахотного слоя. В процессе орошения в верхнем слое почвы (0-10 см) снижается фракция мелкой пыли с 19,0 до 10,36 % и увеличивается фракция физической глины с 36,2 до 50,3 %. Наличие значительного количества крупнопылеватых частиц (34,5-45,9 %) свидетельствует о слабой противозэрозионной устойчивости темно-каштановых почв.

Водопрочность почвенной структуры, как и многие другие свойства почвы, динамична и изменяется в пространстве и во времени. Пространственная и временная изменчивость этого важного свойства почвы обусловлена не только природной обстановкой, но применением мероприятий по окультуриванию и повышению плодородия почвы, специальных способов обработки, приемов мелиорации, наличием эрозионных процессов. Существенным фактором динамики водопрочности пахотного слоя почвы является орошение. В зависимости от изменения водопрочности структуры почвы меняются водный, воздушный режим, устойчивость почвы размывающему действию водного потока при бороздковом поливе. Поэтому поливы должны проводиться без разрушения почвенной структуры.

В развитии эрозионных процессов большую роль играет противозэрозионная устойчивость орошаемых почв (таблица).

В результате многолетнего орошения предгорных темно-каштановых почв Алматинской области содержание водопрочных агрегатов более 0,25 мм в слое 0-10 см снижается с 84,8 % в несмытом (целине) до 49,1-55,4 % в смытом аналоге, а содержание агрегатов >1,0 мм соответственно с 63,51 % до 2,9-3,2 %.

**Содержание водопрочных агрегатов в староорошаемой  
темно-каштановой почве**

Время определения	Место отбора проб по длине борозды, м	Глубина, см					
		0-10			10-20		
		>1,0 мм	0,25-1,0 мм	>0,25 мм	>1,0 мм	0,25-1,0 мм	>0,25 мм
<b>Целина</b>							
		63,51	21,28	84,8	39,9	39,9	78,9
<b>Орошаемое поле: картофель</b>							
До полива	0	2,9	46,2	49,1	1,7	29,8	31,5
	40	3,0	47,4	50,4	1,7	48,0	49,7
	80	3,2	52,2	55,4	2,1	48,8	50,9
После полива, q=1,2 л/с	0	2,1	36,5	38,6	1,8	30,4	32,2
	40	1,2	22,2	23,4	1,3	24,8	26,1
	80	1,2	32,8	34,0	1,5	17,3	18,8
<b>Капельное орошение: поле № 1, картофель</b>							
До полива	0	1,0	25,8	26,8	1,1	24,8	25,9
	40	1,5	44,2	45,7	0,9	26,8	27,7
	80	1,3	33,2	34,5	1,3	32,4	33,7
После вегетационных поливов	0	1,0	21,48	22,48	0,86	23,9	24,76
	40	0,72	40,48	41,20	0,64	26,7	27,34
	80	1,0	21,48	22,48	0,86	31,9	32,76

При бороздковом способе полива агрегатный состав поверхностного слоя почвы претерпевает существенные изменения. Наблюдениями установлено, что после полива количество водопрочных агрегатов по длине борозды уменьшается. Так, содержание водопрочных агрегатов более 0,25 мм в слое 0-10 см по длине борозды до полива составляет в начале борозды (0 м) 74,8 %, в середине (40 м) - 47,7 % и в конце (80 м) - 36,8 %, то после вегетационных поливов соответственно 30,6, 26,08 и

25,22 %. Установлено, что при бороздковом способе полива происходит значительное разрушение почвенных агрегатов.

При капельном орошении овощных культур наблюдается незначительное разрушение почвенных агрегатов. Так, если до полива картофеля и тыквы в слое 0-10 см в начале борозды составили 26,8 и 39,2 %, в середине соответственно 45,7 и 41,2 % и в конце - 33,2 и 38,4 %, то после вегетационного периода соответственно в начале борозды 21,48 и 37,36 %, середине - 40,48 и 37,36 % и в конце - 21,48 и 35,02 %.

Результаты определения водопрочности агрегатов свидетельствуют, что орошаемые темно-каштановые почвы имеют очень низкую водопрочность. Поэтому структурное состояние почв по наличию водопрочных агрегатов крупнее 0,25 мм во всех исследованных образцах пахотного горизонта оценивается как неудовлетворительное и плохое. Изменение структуры эродированных темно-каштановых почв влечет за собой изменение величин объемной и удельной массы. Объемная масса верхнего слоя почв изменяется по мере увеличения эродированности от 1,05 г/см<sup>3</sup> (несмытые) до 1,15 г/см<sup>3</sup> (среднесмытые). Удельная масса в слое 0-10 см несмытой темно-каштановой почвы составляет 2,56 г/см<sup>3</sup>, у среднесмытой - 2,60 г/см<sup>3</sup>. С ростом удельной и объемной массы почвы в результате эрозии уменьшается порозность. Например, в несмытой темно-каштановой почве она равна 59,4 %, в сильносмытой - 50 %.

В процессе смыва верхних наиболее плодородных горизонтов почв происходят большие изменения химических свойств почв. В несмытых темно-каштановых почвах содержится 3,8 % гумуса, слабосмытых - 3,0 %, среднесмытых - 2,6 % и сильносмытых - 2,0 %. Запасы гумуса в 0,5-метровом слое несмытых темно-каштановых почв составляют 136,5, слабосмытых - 106,5, среднесмытых - 94,0 и сильносмытых - 56,0 т/га.

Между содержанием и обменными основаниями как в смытых, так и в несмытых почвах обнаруживается прямая связь. Уменьшение содержания гумуса обуславливает меньшую емкость обмена. Сумма поглощенных оснований в верхнем слое

несмытых темно-каштановых почв составляет 24,8, среднесмытых - 18,9 и сильносмытых - 16,0 мг-экв на 100 г почвы. С увеличением степени смытости орошаемых почв относительно возрастает содержание поглощенного магния и снижается количество кальция.

Процесс эрозии резко ухудшает агрохимические свойства почв: снижается содержание как валовых, так и подвижных форм азота, фосфора и калия. Содержание валового азота в несмытых почвах составляет 0,24 %, а в сильносмытых - 0,13 %. Запасы валового азота в 0,5-метровом слое несмытых темно-каштановых почвах составляет 2,6 т/га, а сильносмытых - 1,35 т/га.

Среднее сезонное содержание нитратного азота в верхнем слое (0-10 см) темно-каштановых почв за период вегетации картофеля составило в слабосмытой почве 24,0 мг/кг, среднесмытой - 20,4, сильносмытой - 10,8 мг/кг, тогда как в несмытой - 27,2 мг/кг. Как видно, в сильносмытой почве содержание нитратов в слое 0-10 см снижается более чем в 2 раза.

В результате ирригационной эрозии теряется много азота: чем сильнее смыта почва, тем меньше в ней нитратов. Средне- и сильносмытые почвы относятся к категории почв, недостаточно обеспеченных азотом. В них в первую очередь должны применяться азотные удобрения.

Таким образом, свойства почв оказывают сильное влияние на интенсивность смыва при поливе по бороздам. При прочих равных условиях почвы высокой водопроницаемости эродироваться меньше, чем почвы пониженной водопроницаемости, так как на первых формируется меньший сток с меньшими скоростями потока, чем на вторых. Однако интенсивность смыва зависит и от противозерозионной стойкости почв. Почвы высокой водопроницаемости не всегда обладают высокой противозерозионной стойкостью.

В результате дифференциации почв при ирригационной эрозии в эрозионной зоне в зависимости способа и техники полива происходит изменение механического состава пахотного слоя средне- и сильносмытых почв. В верхнем слое почвы (0-10 см) снижается фракция мелкой пыли (19,0-10,36 %) и увели-



чивается фракция физической глины (36,2-50,3 %). Наличие значительного количества крупнопылеватых частиц (34,5-45,9 %) свидетельствует о слабой противозерозионной устойчивости темно-каштановых почв.

Под влиянием эрозионных процессов в наносах, отложившихся по длине борозды, наблюдается изменение содержания гумуса и питательных элементов почвы. Процесс эрозии резко уменьшает плодородие почв, ухудшая их агрохимические свойства.

Изучение эрозии почв поливных участков позволило раскрыть качественную сторону развития этого процесса. В связи с этим усилия специалистов сельского хозяйства должны быть направлены на сохранение и улучшение орошаемых земель путем проведения комплекса противозерозионных мероприятий.

## Литература

1 *Gurbanov E. A.* Soil degradation due to erosion under furrow irrigation // *Eurasian Soil Science*. - 2010. - Vol. 43 (12). - P. 1387-1393.

2 *Лисецкий Ф. Н., Маринина О. А.* Ресурсы и эрозионные потери почв // *Фундаментальные исследования*. - 2011. - № 4. - С. 59-65.

3 *Кирюхина З. П., Пацукевич З. В.* Эрозионная деградация почвенного покрова России // *Почвоведение*. - 2004. - № 6. - С. 752-758.

4 *Mailapalli, D. R., Raghuwanshi, N. S., Singh, R.* Sediment transport in furrow irrigation // *Irrigation Science*. - 2009. - Vol. 27 (6). - P. 449-456.

5 *Fernandez-Gomez R., Mateos, L., Giraldez J. V.* Furrow irrigation erosion and management // *Irrigation Science*. - 2004. - Vol. 23 (3). - P. 123-131.

6 *Мирзакеев Э. К., Каражанов К. Д., Рукавишников А.* Оценка изменения водопрочности структуры южных черноземов Костанайской области под влиянием орошения // *Изв. НАН РК, Сер. биол. и мед.* - 1997. - № 3. - С. 60-62.

7 *Мирзакеев Э. К., Сапаров А. С., Шарыпова Т. М., Войченко И. Н.* Оценка изменения водопрочности почвенной структуры орошаемых земель Алматинской области // Современное состояние почвенного покрова, сохранение и воспроизводство плодородия почв. - Алматы, 2010. - С. 667-670.

8 *Мирзакеев Э. К., Козыбаева Ф. Е., Шарыпова Т. М.* Влияние орошения на свойства эродированных староорошаемых темно-каштановых почв предгорной равнины Заилийского Алатау // Вестн. с.-х. науки. - 2007. - № 7. - С. 26-28.