

РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕЧНОГО СТОКА И ОПУСТЫНИВАНИЕ ПОЧВ В ДЕЛЬТАХ

Стародубцев В.М.

Международный Соломонов университет, Киев, Украина,
Starodubtsev@voliacable.com

Рассматриваются крупномасштабные экологические последствия регулирования стока рек гидроэнергетическими и ирригационными водохранилищами. На основе многолетних исследований показано, как гидроморфные ландшафты дельты Сырдарьи превращаются в солевую пустыню, создавая экологический и социальный кризис в бассейне Аральского моря. Оценены особенности деградации почв в дельтах других рек и возможности её ослабления.

Крупнейшая экологическая, экономическая и социальная проблема быстро обостряется в дельтах рек аридных и субаридных регионов мира. Это – опустынивание ландшафтов на площади во многие миллионы гектаров (в первую очередь почвенного покрова и растительности) в связи с регулированием речного стока [14,15].

Чем больше крупных водохранилищ построено в бассейнах рек для гидроэнергетики и других целей, чем больше воды отводится из рек для ирригации, промышленного и коммунального водоснабжения, тем меньше ее остается в речных руслах. И тем меньше пресной речной воды притекает в дельты для увлажнения уникальных по биологическому разнообразию дельтовых ландшафтов. А жаркий климат пустыни довершает дело – через удивительно короткий срок от 7 до 16 лет богатейшие гидроморфные ландшафты превращаются в солончаковую или песчаную пустыню [9,10,13].

Впервые такой экологический кризис был зафиксирован в дельте реки Колорадо еще в середине прошлого века [3,8,17]. В ее бассейне было построено большое количество крупных плотин с водохранилищами, в том числе Hoover, Davis, Parker, Glen Canyon (завершена в 1964г.). В нижней части бассейна в течение столетия интенсивно развивалось орошение в долинах Imperial, Coachella, Mexicali. В итоге 15-20% годового стока реки Колорадо расходовалось в верхней части бассейна, а 60-65% использовалось для орошения в низовьях. В дельту же лишь в паводок поступал остаточный сток реки. Как результат, большая площадь гидроморфных

ландшафтов (wetlands) дельты – более 0.7 миллиона гектаров – довольно быстро превратилась в пустыню с засоленными почвами, с песчаными дюнами, с обедненной флорой и фауной. Казалось бы, этот экологический кризис должен был стать серьезным предостережением для общества – хозяйственная деятельность не должна превышать восстановительные способности речных бассейнов. Но – не стал, по крайней мере – в то время.

Как раз в 60-е годы прошлого столетия закладывались условия для еще более грандиозной экологической катастрофы в бассейне Аральского моря, имеющей также огромные социальные последствия. Именно после 1960 года интенсифицировалось ирригационное

строительство в бассейнах рек Сырдарьи и Амударьи. Уже к 1970 г. орошаемые площади здесь превысили 6 миллионов гектаров, а суммарный сток этих рек в Аральское море уменьшился на 9 км³ в год. К 1975 году площади орошения уже равнялись 7 млн.га, а сток рек в море уменьшился на 15 км³/год.

Но настоящая экологическая катастрофа разразилась в 80-е годы прошлого века, когда летом полностью прекращался сток Сырдарьи и Амударьи в море. На рубеже 21 века приток речной воды в Аральское море уменьшился уже примерно на 48 км³/год. В итоге в дельтах рек Сырдарьи и Амударьи уже в 70-80-е годы практически прекратились паводковые разливы, и началось стремительное

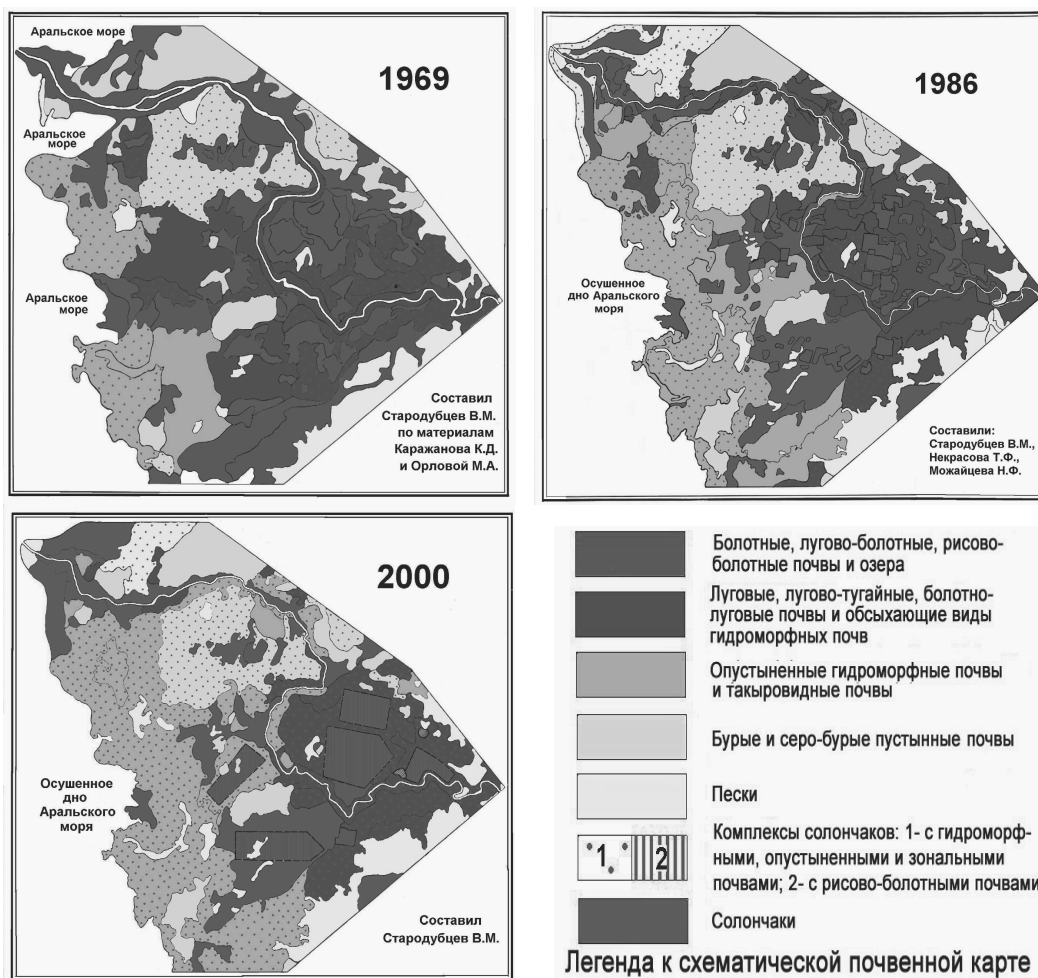


Рис. 1. Опустынивание почвенного покрова дельты реки Сырдарьи.

опустынивание гидроморфных ландшафтов, деградация почвенного и растительного покрова [4,5,10]. Периодическое картографирование дельты Сырдарьи (рис. 1) наглядно показывает, сколь мощным и быстрым был этот процесс. А прогноз, составленный нами на основе длительных наземных исследований, позволил представить почвенный покров на большей части дельты опустыненным, засоленным, с деградировавшей ксероморфной и

галоморфной растительностью и отдельными рисовыми полями среди солончаков.

Космические снимки НАСА (рис. 2), ставшие общедоступными благодаря сайтам Earth Observatory, EarthKAM и другим, позволили оценить как достоверность прогноза, основанного на результатах наземных исследований, так и некоторые изменения, проявившиеся в последнее десятилетие [16]. Ведь существенные социально-

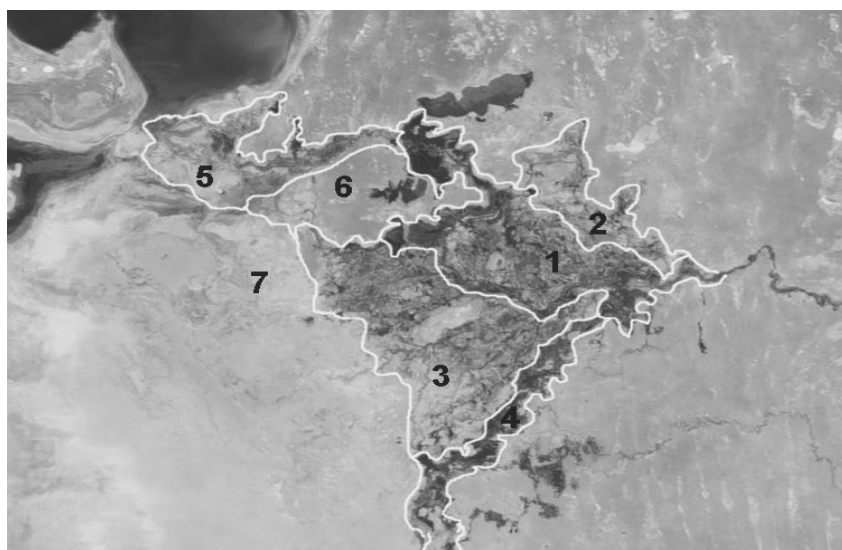


Рис. 2. Районирование современной дельты Сырдарьи по характеру деградационных процессов в почвах (по материалам космической съемки 2001 г., NASA/GSFC/MODIS): 1-Обсыхание и засоление почв; 2-Опустынивание и засоление почв; 3-Обсыхание, засоление и опустынивание почв; 4-Воссоздание луговых почв; 5-Засоление и опустынивание почв; 6- Пустынные серо-бурые почвы; 7-Формирование песчано-солевой пустыни на дне Аральского моря.

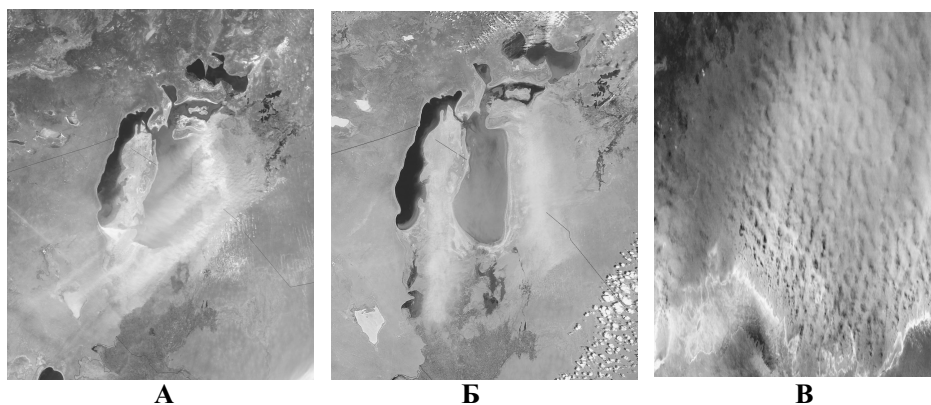


Рис. 3. Ветровой перенос солей и пыли в районе Аральского моря (NASA/GSFC/MODIS): А – на юго-запад, Б – на юг, В – на север.

экономические изменения в этом регионе, произошедшие после распада Советского Союза, обусловили некоторое увеличение речного стока в дельту Сырдарьи. Это несколько ослабило процессы опустынивания в головной части дельты, но не изменило их общую направленность. Более того, космические снимки показали, как стремительно расширяется область опустынивания в дельтах Сырдарьи и Амударьи за счет обсыхающего дна Аральского моря [12,16]. Огромная солевая и песчаная пустыня стала мощным источником ветрового переноса солей и пыли на смежные территории (рис.3), ухудшая на них и экологическую, и социальную обстановку [2,18].

Социальный кризис в дельтах Сырдарьи и Амударьи обусловлен как изменением здесь природной среды, так и возникшими при этом экономическими проблемами. В этом регионе распространены болезни, обычно сопутствующие ухудшению экологической обстановки и обнищанию населения. Социальные проблемы местного населения связаны также с потерей рабочих мест из-за гибели рыбного промысла, ухудшения кормовой базы животноводства в дельтах Сырдарьи и Амударьи и трудностей в ирригации из-за процессов соленакопления в почвах, оросительных и грунтовых водах. Сейчас этот регион потерял свое рыбопромысловое значение, а рыбаки и их семьи вынуждены переселяться в другие регионы или изменять свою специальность и коренным образом менять уклад жизни.

В сложившейся ситуации государства региона (Казахстан, Узбекистан и Туркменистан) вкладывают большие средства в меры по улучшению условий жизни населения в дельтах Сырдарьи, Амударьи и на побережье Аральского моря. Прежде всего, развернулось строительство дорог и объектов здравоохранения, водоснабжения, газификации, социальной сферы. В отдаленных поселках стали сооружать опреснительные установки или бурить скважины до пресных грунтовых вод для питьевого водоснабжения. Для ослабления последствий опустынивания дельтовых

областей предпринимаются также мероприятия по обводнению гидроморфных ландшафтов и увеличению притока речных вод в дельты. Важным этапом ослабления последствий экологического кризиса стало сооружение (с помощью Мирового Банка и других международных организаций) плотины между так называемым Большим и Малым Аралом, что позволило частично возродить северную часть Аральского моря, примыкающую к дельте Сырдарьи. Но все эти мероприятия позволили лишь частично ослабить глубочайшие последствия опустынивания дельт Сырдарьи и Амударьи.

Таким образом, масштабы процессов опустынивания в дельтах этих рек значительно превышают аналогичные процессы в дельте реки Колорадо. Ведь общая площадь обсыхающих и опустынивающихся почв в современной и древней дельтах Сырдарьи и в дельте Амударьи превышает 3 миллиона гектаров. А если учесть, что площадь обсыхающего и опустынивающегося дна Аральского моря уже превысила 4 миллиона гектаров, то становится очевидным, что водохозяйственная и сельскохозяйственная деятельность человека еще не приводила к столь масштабным экологическим катастрофам в новое время.

Но единственные ли это примеры в современном быстро развивающемся мире? Ведь регулирование стока рек, создание огромных водохранилищ, развитие ирригации, рост отведения воды для промышленного и коммунального водоснабжения – все это общие тенденции, особенно в аридных и субаридных регионах. А так называемая «фрагментация» речных русел характерна уже почти для всех речных бассейнов [6,7]. Соответственно, и деградационные процессы в дельтах рек имеют общие тенденции, но проявляются часто своеобразно, и даже уникально, на разных реках.

Прежде всего, степень деградации почв и ее характер в дельтах определяется интенсивностью регулирования речного стока, климатическими условиями и геоморфологическими особенностями

дельт. На основе многолетних личных исследований и использования большого количества космических снимков попытаемся типизировать изменения почвенного покрова в дельтах в зависимости от указанных факторов. Характер регулирования стока рек (сезонное или многолетнее) и его интенсивность определяют сокращение притока воды в дельты, ослабление паводковых затоплений гидроморфных почв, снижение уровня грунтовых вод, возрастание минерализации речных вод [1,11], сокращение притока взвешенных наносов [19]. Так, в реках Колорадо, Сырдарья, Амударья, Чу.

Хуанхэ, Евфрат приток воды в дельты уменьшался в конце прошлого – в начале текущего столетия на 70-100%, то есть периодически они пересыхали в нижнем течении, а минерализация воды в этих реках за тот же период возрастала в 2-4 раза. Это приводило к коренному изменению водного и солевого режимов почв дельт и их быстрой деградации. В целом в условиях засушливого климата в почвах дельт происходят процессы опустынивания, засоления и эоловой деструкции. При умеренном климате преобладают процессы остепнения лугово-болотных и болотных почв, а в условиях холодного и влажного климата преобладают процессы деградации болотных и торфяных почв [8,16].

В зависимости от геоморфологических условий катастрофические деградационные процессы происходят, прежде всего, в континентальных дельтах, когда реки не впадают в водоемы, например, река Чу (в конце прошлого столетия) в Казахстане, Хейх – в Китае, Окаванго – в Африке и другие. Мощные деградационные процессы происходят в дельтах рек, которые впадают в озера и внутренние моря, например, река Или в Казахстане, уже упоминавшиеся Сырдарья и Амударья – в Центральной Азии. Менее сильная, но очень разнообразная, деградация почв и ландшафтов происходит в дельтах рек, которые впадают в моря и океаны.

Характер водообмена рек и морей определяет интенсивность процессов засоления почв из-за сокращения притока в дельты пресных речных вод

и «вторжения» (интрузии) соленых морских. Наименее опасны эти процессы в дельтах рек, сформированных в лиманах, например, Днепр, Днестр, Буг и прочие. Более мощное засоление морскими водами происходит в дельтах рек, которые впадают в морские заливы, например, Шатт-Эль-Араб (Евфрат и Тигр), Колорадо и другие. Мощно эти процессы проявляются в дельтах на побережье океанов и морей. Наиболее опасное засоление почв морскими водами происходит в районах тектонического опускания. А в некоторых дельтах рек тропических районов, в частности, в дельте Меконга, обсыхание дельтовых ландшафтов приводит к интенсивному росту кислотности почв и снижению их плодородия.

Существенно влияет на процессы деградации почв и сокращение твердого стока зарегулированных рек [11,16,19 и др.]. Прежде всего, это приводит к интенсивным процессам размывания морского (или океанического) побережья и уничтожению части почвенного покрова дельт (например, дельт Миссисипи, Хуанхэ, Нила и многих других). А в самих дельтах это приводит к концентрации стока в одном или нескольких основных руслах и уменьшению площадей гидроморфных почв (дельта р. Или и др.).

Противоречивые процессы – подтопления и в то же время засоления почв – происходят в дельтах рек, в которые «переброшен» сток из других речных бассейнов. Например, такие процессы имеют место в дельтах Теджена и Мургаба (Туркмения), в которые поступает вода из реки Амударья по Каракумскому каналу для орошения.

Крайне важно подчеркнуть, что возможности анализа процессов опустынивания почв в дельтах зарегулированных рек неизмеримо возросли с появлением свободного доступа специалистов к космическим снимкам, в первую очередь к материалам НАСА, появляющимся в Интернете. Снимки различных лет и разных спутников позволяют оценивать как ситуацию в целом в речных бассейнах, так и в их отдельных частях, в первую очередь – в дельтах [16]. В этой ситуации принципиально важное значение приобретает

применение новых (машинных) технологий анализа космических снимков, а также использование огромного опыта наземных исследований процессов опустынивания, накопленного в предыдущие годы, и позволяющего глубоко понимать сущность деграционных процессов в дельтах [4-6 и др.]. Именно визуальное картирование космических снимков позволило нам оценить общие черты процессов опустынивания в дельтах ряда рек [16]. В то же время компьютерные технологии открывают возможности количественного анализа процессов, их формализации и прогнозирования. Оптимальное совместное использование этих двух методов мы и ставим своей задачей в перспективе.

В заключение еще раз подчеркнем огромное социальное значение процессов опустынивания в дельтах рек. Резкое уменьшение продуктивности дельтовых ландшафтов, ухудшение условий жизни людей в дельтах, некогда бывших колыбелью человеческой цивилизации, потеря рабочих мест – все это ведет к миграции населения в другие регионы. А в опустевших и деградированных дельтах разрушается и утрачивается многовековое культурное и историческое наследие народов.

Единственным реальным способом

предотвращения или ослабления процессов деградации ландшафтов в дельтах зарегулированных рек является осуществление так называемых «экологических попусков» воды в низовья. Опыт таких попусков накоплен во многих трансграничных речных бассейнах Центральной Азии, Америки, Китая, Украины и других регионов. Но во всех случаях такая практика сталкивается с ограниченностью водных ресурсов, интенсивно используемых для энергетики, ирригации, водоснабжения. Поэтому для обводнения дельтовых ландшафтов необходимо эффективно использовать также возвратные воды с орошаемых полей, с промышленных и коммунальных предприятий, хотя они обычно имеют низкое качество и нуждаются в очистке. Возникают и проблемы согласования объемов и расходов таких искусственных паводков с интересами рыбного хозяйства, энергетики и других отраслей хозяйства. Многолетняя практика также показывает, что нельзя полагаться только на естественное распределение воды искусственных паводков для обводнения дельтовых ландшафтов. В ряде случаев необходимы специальные гидротехнические сооружения и так называемое лиманное орошение естественных угодий дельт.

Литература:

1. Finlayson, M. (2007). Managing Wetland Ecosystems – Balancing the water needs of ecosystems with those for people and agriculture. In: *Water and Ecosystems – Managing Water in Divers Ecosystems*.
2. Галаева О.С., Семенов О.Е. О мониторинге выноса песчано-солевого аэрозоля с осушенной части дна Аральского моря // Гидрометеорология и экология, 1997. №2.
3. Glenn, E., C. Lee, R. Felger and S. Zengel. (1996). Water management impacts on the wetlands of the Colorado River delta, Mexico. *Conservation Biology* 10: 1175-1186.
4. Каражанов К.Д. Эволюция и трансформация почв современной дельты Сырдарьи // Известия АН КазССР. Серия биолог. 1977. №3. С.69-72.
5. Киевская Р.Х. Изменение почвенного покрова современной дельты р. Сырдарьи при аридизации: Автореф. дисс... канд. с/х наук. Алма-Ата. 1983. 24 с.
6. Nilsson, C. and K. Berggren.(2000). Alteration of Riparian Ecosystems Caused by River Regulation. *BioScience*, Vol.50, №9: 783-792.
7. Nilsson, C., C. Reidy, M. Dynesius, and C. Revenga. (2005). Fragmentation and Flow Regulation of the World's Large River System. *Science* 308 (5720): 405-408.
8. Pitt, J., Luecke, D.F., Cohen, M.J., and E. Glenn. (2000). Two nations, one river: Managing ecosystem conservation in the Colorado River Delta. *Natural Resources Journal* 40: 819-864.
9. Плисак Р.П., Огарь Н.П., Султанова Б.М. Продуктивность и структура лугов пустынной зоны. Алма-Ата: Наука КазССР. 1989. 187 с.
10. Стародубцев В.М., Некрасова Т.Ф., Попов Ю.М. Аридизация почв дельтовых равнин Южного Казахстана в связи с зарегулированием речного стока // Проблемы освоения пустынь. 1978. №5. С.14-23.
11. Стародубцев В.М. Влияние орошения на мелиоративные качества речного стока. Алма-Ата: Наука. 1985. 168 с.
12. Стародубцев В.М. Засоление почвогрунтов обсыхающего дна Аральского моря у восточного побережья.// Проблемы освоения пустынь.. №5. С.45-50.
13. Стародубцев В.М., Бурлибаев М.Ж., Попов Ю.М. Деградация почвенного покрова дельты р. Или в связи с регулированием стока // Проблемы освоения пустынь. № 4. 2003. С.25-29.
14. Starodubtsev, V.M., Fedorenko, O.L., Petrenko, L.R. (2004). *Dams and Environment: Effects on Soils*. Kyiv: Nora-Print, 92 p.
15. Starodubtsev, V.M., Bogolyubov, V.M., and Petrenko, L.R. (2005). *Soil Desertification in the River Deltas (Part I)*. Kyiv: Nora-Druk, 84 p.
16. Starodubtsev, V.M. (2007). Degradation Processes in Deltas of the Rivers with Flow Regulation. In: *Basin Water Management. International Congress on River Basin Management*. Turkey, Antalya: www.dsi.gov.tr/english/congress2007/chapter_2/66.pdf. 828-843 p.

17. Tiegs, S.D. and Pohl, M. (2005). Planform channel dynamics of the lower Colorado River: 1976-2000. *Geomorphology* 69(1-4): 14-27.
18. Толкачева Г.А. К вопросу оценки возможных масштабов ветрового выноса солей с осушенной части и акватории Аральского моря.// Тр. САНИГМИ. Ташкент: Главгидромет. 1995. Вып.15(232).
19. Vorosmarty, C.J., M. Meybeck, B. Fekete, K. Sharma, P. Green and J. Syvitski. (2003). Anthropogenic sediment retention: Major global-scale impact from the population of registered impoundments. *Global and Planetary Changes*, 39: 169-190.

Photos of cover from ManagEnergy and Intelligent Energy - Europe Programme of the European Commission