

УДК 911.9:631.459

А. А. Светличный, д-р геогр. наук, проф.
Одесский национальный университет им. И. И. Мечникова,
кафедра физической географии и природопользования
ул. Дворянская, 2, Одесса, 65082, Украина

ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДНОЙ ЭРОЗИИ ПОЧВ И СОВРЕМЕННЫЕ ЗАДАЧИ ЭРОЗИОВЕДЕНИЯ

Рассмотрены основные результаты теоретических и экспериментальных исследований водной эрозии почв — ведущего деградационного процесса в современных агроландшафтах многих стран мира, в том числе и Украины, с акцентом на достижения эрозиоведческой школы Одесского национального университета имени И. И. Мечникова. Сформулированы наиболее актуальные задачи эрозиоведения и намечены пути их решения.

Ключевые слова: водная эрозия почв, эрозионная деградация агроландшафтов, эрозиоведение.

Введение

По данным Государственного комитета по земельным ресурсам Украины [20], на 1 января 2000 г. в стране было в разной степени эродировано 13,9 млн га сельскохозяйственных угодий, что составляет 33,2% их общей площади. В ряде регионов этот процент намного выше: в Одесской области — около 50%, Луганской и Донецкой — более 60%. При этом, несмотря на предпринимаемые меры по защите почв от эрозии, ежегодный прирост эродированных земель составляет 80 тыс. га.

В результате эрозионного разрушения ухудшаются физические, химические и биологические свойства почв, снижается их плодородие. Продукты эрозионного разрушения (склоновые наносы) заиливают долины малых рек, нередко приводя к их полному исчезновению, заносят пруды и водохранилища, ухудшают качество водных ресурсов. Выносимые с продуктами эрозионного разрушения питательные вещества, агрохимикаты, тяжелые металлы, в том числе радионуклиды, обуславливают загрязнение рек, а также водоемов, в которые они выпадают — озер, лиманов, морей.

Снижение водопроницаемости и водоудерживающей способности почв в результате эрозии приводит, с одной стороны, к их иссушению, а с другой — к формированию высоких, часто катастрофических, паводков. Уменьшение на этом фоне противоэрозионной стойкости почв приводит к резкой интенсификации эрозионных процессов. Конечный и суммарный результат почвенной эрозии — полная деградация ландшафтов и опустынивание [4].

Только прямой ущерб от эрозии и только сельскому хозяйству в Украине оценивается специалистами Украинской аграрной академии наук [26] в 5–6 млрд долларов США в год.

Водная эрозия почв относится к процессам, которые реально определяют национальную безопасность многих стран мира, в том числе и Украины. Без оптимизации эрозионной системы современных агроландшафтов невозможно обеспечение устойчивого, экологически сбалансированного развития террито-

рий во всех регионах Украины, но особенно — в пределах наиболее освоенных в земледельческом отношении лесостепной и степной зон.

Актуальность и значимость проблемы водной эрозии для Украины, а также ярко выраженная неравномерность внимания к этой проблеме в стране в последние десятилетия, определяет необходимость анализа основных результатов исследований по проблеме водной эрозии и обсуждения наиболее актуальных их направлений на перспективу.

Материалы и методы исследований

Различные аспекты проблемы водной эрозии изучаются широким спектром научных дисциплин, включая географические науки (гидрологию, геоморфологию, ландшафтоведение), почвоведение, сельскохозяйственные науки (агрономию, лесоводство, землеустройство), мелиорацию. В конце 70 — начале 80-х годов прошлого столетия в бывшем Советском Союзе во многом благодаря работам таких известных ученых, как П. С. Трегубов из Почвенного института им. В. В. Докучаева (Москва), М. Н. Заславский из Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова и Г. И. Швебс — в те годы заведующий кафедрой физической географии Одесского государственного университета им. И. И. Мечникова, сформировалась самостоятельная научная дисциплина — эрозиоведение, которая “рассматривает водную эрозию как процесс, его последствия для окружающей среды и хозяйственной деятельности и способы их предотвращения” [24, с. 13].

Именно в 1970–1980-х годах на территории бывшего Советского Союза эрозионные исследования велись наиболее интенсивно. Среди полученных результатов представляется целесообразным отметить следующие:

- на основе проведенных полевых стационарных, полустационарных и экспедиционных исследований водной эрозии и ее факторов разработаны эмпирические математические модели эрозионных потерь, или смыва, почвы, некоторые из которых (Ц. Е. Мирцхулава, Г. И. Швебс, Г. П. Сурмач, И. К. Срибного, А. Б. Лавровского) использовались или рекомендовались к использованию для проектирования противоэрозионных мероприятий «на расчетной основе»;
- сформированы банки количественных показателей противоэрозионных свойств почв (Ц. Е. Мирцхулава, Г. И. Швебс, Н. И. Игошин, Г. В. Бастраков, М. С. Кузнецов, В. Я. Григорьев, К. Ю. Хан и др.);
- разработаны методики и выполнено картографирование климатических (гидрометеорологических) факторов ливневого (М. Н. Заславский, Г. А. Ларионов, Н. И. Игошин) и весеннего (Г. П. Сурмач, С. А. Прокопенко) смыва почвы;
- разработаны методики оценки почвозащитной эффективности противоэрозионных мероприятий и получены количественные показатели эффективности наиболее распространенных в те годы противоэрозионных приемов (А. Г. Рожков, Г. П. Сурмач, В. П. Герасименко, Г. И. Швебс, А. А. Светличный, А. Т. Барабанов и др.);
- получены обнадеживающие результаты по динамическому (теоретическому, физико-математическому) моделированию водной эрозии (Г. И. Швебс, С. И. Кондратьев, А. А. Светличный, Г. П. Сухановский);
- разработаны методы оптимизации использования эрозионно-опасных земель, в том числе на основе: а) донных неразмывающих скоростей по-

тока (Ц. Е. Мирцхулава, М. С. Кузнецов и др.); б) допустимой нормы смыва (П. С. Трегубов, Н. К. Шикула, А. Г. Рожков и др.) и в) модели рационального использования возобновляемых природных ресурсов (Г. И. Швебс);

- разработаны технологии возделывания сельскохозяйственных культур на эрозионно-опасных землях, в наиболее полном виде реализованные в рамках почвозащитной контурно-мелиоративной системы земледелия (А. Н. Каштанов, Г. И. Швебс, М. И. Лопырев, А. Г. Тарарико, Н. М. Шелякин и др.).

В последующие годы в силу известных причин интенсивность эрозионных исследований на постсоветском пространстве значительно снизилась. Тем не менее они продолжались, и в результате в 90-е годы прошлого столетия и первые годы текущего выявлен ряд новых закономерностей в проявлении и распространении водной эрозии, открывающих новые перспективы как в исследовании, моделировании водной эрозии и совершенствовании методов ее расчета и прогноза, так и оптимизации использования земельных и водных ресурсов эрозионно-опасных территорий.

Важное значение для развития эрозиоведения в современный период имеет общее развитие науки, переживающей очередную концептуальную революцию, а также появление и бурный прогресс технологий сбора, обработки, анализа и представления пространственно-координированных данных — геоинформационных (ГИС) технологий.

Рассмотрим некоторые результаты современных — полученных в последние 10–15 лет — исследований водной эрозии, представляющие теоретический либо практический интерес с точки зрения направления развития эрозиоведения на перспективу, с акцентом на результатах исследований одесской школы теоретического и прикладного эрозиоведения.

Анализ результатов

Среди новых результатов исследований водной эрозии почв, определяющих ее факторов или последствий проявления, представляется целесообразным выделить следующие:

1) диалектическое единство составляющих эрозионного процесса — разрушения почвы, транспорта продуктов разрушения и их отложения приводит к формированию волнистости продольного профиля склонов, накладывающейся на макроформу, а вследствие этого — чередованию на склонах участков смыва почвы и аккумуляции склоновых наносов (и, соответственно, смытых и намывных почв), которые при этом не остаются неизменными в пространстве и времени [19, 6, 8, 10, 21 и др.];

2) ярко выраженная нестационарность ливневого наносообразования обуславливает отсутствие по всей длине склонов установившегося за период активного наносообразования режима склонового стекания, что делает невозможным адекватное описание изменения интенсивности смыва почвы по длине склона в так называемых формулах (уравнениях) «смыва» или «эрозионных потерь» почвы монотонной степенной функцией расстояния от длины склона. Нарастание интенсивности наносообразования вниз по склону происходит только в пределах верхней приводораздельной части склона, ниже интенсивность наносообразования от расстояния до водораздела не зависит [8, 10, 13 и др.];

3) способность почв противостоять эрозионному разрушению существенно изменяется под влиянием характера и интенсивности их использования. Это

изменение настолько существенно, что реальное пространственное распределение противозерозионных свойств почв в значительной степени (а зачастую и в первую очередь) определяется не генезисом, а характером и интенсивностью их использования [25, 7, 2, 22, 23, 14, 15];

4) на интенсивность эрозионных процессов кроме физических и химических свойств почв существенное значение оказывают их биологические свойства, а также химический состав и минерализация склонового стока [25, 14, 22, 23, 5, 1];

5) все факторы эрозионных процессов, включая почвенный и гидрометеорологический, имеют в пределах склона выраженную пространственную изменчивость, характеризующуюся флуктуациями разного масштаба [8–10, 17];

6) наиболее эффективным инструментом пространственно-временного анализа и моделирования эрозионных процессов, а также решения различных задач, связанных с обоснованием использования земельных и водных ресурсов в условиях проявления эрозионных процессов, в настоящее время являются геоинформационные (ГИС) технологии [27, 3, 10, 12, 16, 18].

Предложенный в [10, 13] подход к учету нестационарности ливневого наносообразования и пространственной изменчивости природных и хозяйственных факторов водной эрозии в рамках физико-статистического моделирования водной эрозии позволяет перейти от моделей “смыва” (“эрозионных потерь”) почвы к модели смыва-аккумуляции. Однако практическая реализация этого подхода невозможна без исследования закономерностей пространственно-временной изменчивости этих факторов и разработки методов их моделирования.

Чередование участков продольного профиля склона различной крутизны, накладывающееся на макроформу, обеспечивает функционирование механизма саморегуляции поверхности склонов в конкретных природно-хозяйственных условиях и, следовательно, устойчивости склоновых земель к эрозионному разрушению. Самоорганизация сложных систем изучается синергетикой — междисциплинарным научным направлением, являющимся феноменом постнеклассической науки. В связи с этим перспективным представляется применение к эрозионной системе агроландшафта, как к сложной самоорганизующейся системе, теорий диссипативных систем, самоорганизации, фракталов, исследование ее поведения в категориях «неустойчивость», «бифуркация», «аттрактор», а также переход от концепции рационального природопользования к парадигме коэволюционного развития.

Важное теоретическое и непосредственно практическое значение имеет также более детальное, основывающееся на концепции диалектического единства склонового эрозионно-аккумулятивного процесса, изучение структуры почвенного покрова склоновых земель. В качестве конструктивных идей здесь также должны быть использованы положения о неоднородности почвенных свойств в пределах одной почвенной разности и границах между территориальными природными комплексами разного ранга.

Выявленное влияние на противозерозионные свойства почв ее биологической активности, химического состава и минерализации склонового стока заставляет рассматривать процесс водной эрозии как процесс сложного генезиса, требующий проведения его комплексных физико-химических и биологических (в том числе и прежде всего — микробиологических) исследований.

Наиболее адекватным инструментом пространственно-временного анализа, моделирования, расчета и прогноза водной эрозии, а также противозерозионного проектирования являются геоинформационные технологии. Однако

их массовое применение, кроме решения проблемы подготовки специалистов, владеющих этими наукоемкими технологиями, требует проведения комплекса теоретических, методических и прикладных исследований, направленных на разработку принципов, методов и технологий применения геоинформационных технологий к решению стоящих задач. Необходимость проведения таких исследований диктуется, в частности, неразработанностью методов анализа и моделирования пространственных распределений природных и хозяйственных факторов эрозионных процессов, отсутствием нормативных методик построения гидрологически-корректных цифровых моделей рельефа, зависимостью результатов ГИС-моделирования от степени пространственной генерализации данных, недостаточной гибкостью некоторых ГИС-технологий моделирования составляющих эрозионно-аккумулятивного процесса.

Важное значение имеет также оценка изменений эрозионной опасности склоновых земель в связи с современными и предстоящими изменениями климата. Общеизвестным является факт роста на Земле с начала прошлого столетия приземной температуры воздуха. Более сложным является вопрос об изменении увлажнения территории и, в частности, количестве и режиме выпадения атмосферных осадков. Исследования показывают, что для юга лесостепи и степи Украины для последних десятилетий характерно увеличение годовых сумм осадков, величина которого возрастает к югу, достигая 40 мм за 100 лет (около 10%) по пунктам Измаил и Одесса (обсерватория). Частота же выпадения значительных сумм осадков (>20 мм) и величины максимальных сумм осадков за дождь, которые определяют климатическую составляющую эрозионной опасности территории, за этот период выросли примерно в полтора раза. Для количественной оценки современных изменений нормы гидрометеорологических фактора ливневого смыва необходимо проведение детальных исследований современных изменений годовых значений этого показателя.

Выводы

Выполненный анализ современных исследований по проблеме водной эрозии почв показывает значительный потенциал эрозиоведения и в то же время необходимость продолжения исследований по наиболее перспективным направлениям с использованием достижений всего комплекса естественных наук, а также возможностей современных информационных технологий.

Литература

1. Будник С. В., Хильчевский В. К. Гидродинамика и гидрохимия склоновых земель. — К.: Обрії, 2005. — 368 с.
2. Булыгин С. Ю., Лисецкий Ф. Н. Микроагрегированность как показатель противоэрозионной стойкости почв // Почвоведение. — 1991. — № 12. — С. 98–104.
3. Де Роо А. П. Дж., Светличный О. О. ГИС-технологія і гідроекологічне моделювання // Тези доповідей VII з'їзду Українського географічного товариства. — К., 1995. — С. 380–382.
4. Крупеников И. А. Почвенный покров и эрозия // Экологические аспекты защиты почв от эрозии. — Кишинев: Молдагроинформреклама, 1990. — С. 4–16.
5. Кузнецов М. С., Григорьев В. Я., Хан К. Ю. Ирригационная эрозия почв и ее предупреждение при поливах дождеванием. — М.: Наука, 1990. — 120 с.
6. Поздняков А. В., Черванев И. Г. Самоорганизация в развитии форм рельефа. — М.: Наука, 1990. — 204 с.

7. *Світличний О. О.* Зрошування та ерозійні процеси // Сучасні географічні проблеми Української РСР. К., 1990. — С. 140–141.
8. *Светличный А. А.* Рельефные условия склонового водно-эрозионного процесса и вопросы их моделирования // География и природные ресурсы. — 1991. — № 4. — С. 123–131.
9. *Светличный А. А.* Пространственная структура склонового эрозионного процесса и проблемы ее учета при противоэрозионном проектировании // Eroziunea solurilor si metodele de combatere. — Chisinau, 1995. — С. 26–27.
10. *Світличний О. О.* Кількісна оцінка характеристик схилового ерозійного процесу і питання оптимізації використання ерозійно-небезпечних земель: Автореф. дис... д-ра геогр. наук. — Одеса: Одеськ. держ. ун-т, 1995. — 47 с.
11. *Светличный А. А.* Пространственная структура склонового эрозионного процесса и проблемы ее учета при противоэрозионном проектировании // Eroziunea solurilor si metodele de combatere. — Chisinau, 1995. — С. 26–27.
12. *Светличный А. А., Андерсон В. Н., Плотницкий С. В.* Географические информационные системы: технология и приложения. — Одесса: Астропринт, 1997. — 196 с.
13. *Светличный А. А.* Принципы совершенствования эмпирических моделей смыва // Почвоведение. — 1999. — № 8. — С. 1015–1023.
14. *Проблемы оценки и пространственного моделирования характеристик противоэрозионных свойств почв лесостепи / А. А. Светличный, Г. И. Швец, С. В. Плотницкий, В. Ф. Кугут, О. Ю. Степовая //* Наук. праці УкрНДМІ. — 2002. — Вип. 250. — С. 162–178.
15. *Світличний О. О.* До питання щодо протиерозійних властивостей ґрунтів // Генеза, географія та екологія ґрунтів. — Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2003. — С. 368–371.
16. *Светличный А. А.* Пространственное моделирование гидрологических и эрозионных процессов на основе технологии ГИС // Гідрометеорологія і охорона навколишнього середовища — 2002, ч. 2. — Одеса, 2003. — С. 129–134.
17. *Світличний О. О., Іванова А. В.* Принципи просторового моделювання гідрометеорологічних умов зливового змиву ґрунту // Вісник Одеського національного університету ім. І. І. Мечникова. — 2003. — Т. 8, вип. 5. — С. 77–82.
18. *Светличный А. А., Черный С. Г., Швец Г. И.* Эрозиоведение: теоретические и прикладные аспекты. — Сумы: Университетская книга, 2004. — 410 с.
19. *Скоморохов А. И.* О возвратно-поступательном развитии флювиального рельефа // Геоморфология. — 1990. — № 2. — С. 12–19.
20. *Структура, динаміка та розподіл земельного фонду України (за станом на 1 січня 2000 року).* — К., 2000. — 125 с.
21. *Черванев И. Г., Боков В. А.* Развитие представлений о саморегулировании и самоорганизации рельефа // Самоорганизация и динамика геоморфосистем. Материалы XXVII пленума Геоморфологической комиссии РАН / Отв. ред. А. В. Поздняков. — Томск: Изд-во Ин-та оптики атмосферы СО РАН, 2004. — С. 14–19.
22. *Чорний С. Г.* Схилів зрошувані агроландшафти: ерозія, ґрунтоутворення, раціональне використання. — Херсон: Борисфен, 1996. — 170 с.
23. *Чорний С. Г.* Вплив антропогенної еволюції ґрунтів на їх протиерозійну стійкість // Мат. конференції з нагоди 100-річчя біосферного заповідника “Асканія-Нова” імені Ф. Е. Фальц-Фейна “Актуальні питання збереження та відновлення степових екосистем на Півдні України”. — Херсон, 1998. — С. 238–240.
24. *Швец Г. И.* Теоретические основы эрозиоведения. — К.; Одесса: Вища школа, 1981. — 223 с.
25. *Швец Г. И., Светличный А. А., Черный С. Г.* Противоэрозионная стойкость почв юга УССР и ее изменение под влиянием орошения // Почвоведение. — 1988. — № 1. — С. 94–100.
26. *Bulygin S. Ju.* On the system of national accounts // Newsletter of European Society For Soil Conservation. — 1994. — № 1+2. — P. 15–17.
27. *Svetlitchnyi A. A., Svetlitchaya I. A., Ivanko N. B.* Spatial process based soil erosion model and GIS // J. J. Harts, H. F. L. Ottens, H. J. Scholten (eds), EGIS/MARI'94 Conference Proceedings, Utrecht-Amsterdam: EGIS Foundation, 1994. — P. 1996–1998.

О. О. Світличний

Одеський національний університет,
кафедра фізичної географії і природокористування
вул. Дворянська, 2, Одеса, 65082, Україна

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДНОЇ ЕРОЗІЇ ҐРУНТІВ І СУЧАСНІ ЗАВДАННЯ
ЕРОЗІЄЗНАВСТВА**

Резюме

Розглянуті основні результати теоретичних і експериментальних досліджень водної ерозії ґрунтів — провідного деградаційного процесу в сучасних агроландшафтах багатьох країн світу, в тому числі і України, з акцентом на досягненнях ерозієзнавчої школи Одеського національного університету. Сформульовані найбільш актуальні завдання ерозієзнавства і намічені шляхи їх вирішення.

Ключові слова: водна ерозія ґрунтів, ерозійна деградація агроландшафтів, ерозієзнавство.

A. A. Svetlitchnyi

Odessa National Mechnikov's University,
Department Physical Geography and Nature Management,
Dvorianskaya St., 2, Odessa, 65082, Ukraine

**RESEARCHES OF SOIL EROSION AND MODERN TASKS OF THE SOIL EROSION
SCIENCE**

Summary

The basic results of theoretical and experimental researches of soil erosion — leading degradation process in modern agrolandscapes of many countries of the world including Ukraine with an accent on achieving of the scientific erosion school of Odessa National University are considered. The most actual tasks of soil erosion science and the ways of their decision are formulated.

Keywords: soil erosion, erosive degradation of agrolandscapes, soil erosion science.