

9. *Chorley R.J., Dunn A.J., Beckinsale R.P.* The History of the Study of Landforms. V. 1. Geomorphology before Davis. London: Methner a. Co LTD, 1964. 678 p.
10. *Марков К.К.* Основные проблемы геоморфологии. М.: Географгиз, 1948. 343 с.
11. *Russell R.J.* Geological geomorphology // Bull. Geol. Soc. Amer. 1958. № 1. P. 234–241.
12. *Russell R.J.* Geographical geomorphology // Ann. Assoc. Amer. Geographers. 1949. № 1. P. 36–43.
13. *Герасимов И.П., Мецераков Ю.А.* Геоморфологический этап в истории Земли // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1964. № 6. С. 3–12.
14. *Мецераков Ю.А.* Изучение рельефа земной поверхности и развитие геоморфологии // Развитие наук о Земле в СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1967. С. 338–353.
15. *Horton R.E.* Erosional development of streams and their drainage basins // Bull. Geol. Soc. Amer. 1945. V. 56. № 2. P. 275–370.
16. *Gorbel J.* L'érosion terrestre, étude quantitative // Ann. Géogr. 1964. № 398. P. 24–37.
17. *Дедков А.П., Мозжерин В.И.* Эрозия и сток наносов на Земле. Казань: Изд-во КазГУ, 1984. 264 с.
18. *Герасимов И.П.* Проблемы глобальной геоморфологии. М.: Наука, 1986. 207 с.
19. *Уфимцев Г.Ф.* Горные пояса континентов и симметрия рельефа Земли. Новосибирск: Наука, Сиб. отд-ние, 1991. 169 с.
20. *Бронгулеев В.Вад., Тимофеев Д.А., Чичагов В.П.* Геоморфологические режимы // Геоморфология. 2000. № 4. С. 3–10.
21. *Бронгулеев В.Вад.* Современные экзогеодинамические режимы Русской равнины // Геоморфология. 2000. № 4. С. 11–23.
22. *Тимофеев Д.А.* Экологическая геоморфология: объект, цели и задачи // Геоморфология. 1991. № 1. С. 43–48.

Ин-т географии РАН

Поступила в редакцию
07.12.2001

FROM DAVIS THROUGH NOWADAYS: WHAT THE HISTORY OF GEOMORPHOLOGY IS TEACHING US

D.A. TIMOFEEV

S u m m a r y

The analysis of the history of geomorphology let one to draw four lessons: 1) the increasing multiplicity of goals is the manifestation of general line in science development: from simple to complex; 2) during its 120 years' life geomorphology has got through 4–5 changes of its priorities; 3) state boundaries do not inhibit the spread of concepts and knowledge, and the paradigm changes in all countries had been taking place simultaneously; 4) initial theory may hold good as the base for later ones.

УДК 551.4.042:551.311(7)

© 2002 г. А.В. ГУСАРОВ

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ ЭРОЗИИ И СТОКА ВЗВЕШЕННЫХ НАНОСОВ В СЕВЕРНОЙ АМЕРИКЕ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XX СТОЛЕТИЯ¹

По интенсивности эрозии, характеризуемой модулями стока взвешенных наносов (далее СВН) малых рек как объективного и интегрального показателя эрозионной активности, в Северной Америке выделяются (по материалам [1, 2]) следующие регионы: 1) приокеанические, северные окраины континента с преобладающими модулями СВН не более 5–20 т/км² · год; 2) восточная часть лесного пояса (зоны тайги и широколиственных лесов): преобладающие модули СВН – до 50–100 т/км² · год, в Аппалачах – до 100–150 т/км² · год и более; 3) западная (горная) часть лесного пояса: модули СВН – от 100–200 т/км² · год, в предгорных речных бассейнах до 1000 (Бе-

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке фонда УРФИ (проект № 015.08.01.07).

реговые хребты Кордильер), 2000 и более (горы юга штата Аляска) $t/км^2 \cdot год$; 4) юго-восток Северной Америки с ландшафтами субтропических лесов (Береговая равнина): модули СВН – до $100–150 t/км^2 \cdot год$, на землях, освоенных под хлопок, – до 500; 5) лесостепи Канады и США – знаменитые американские прерии – почти полностью распаханнные: модули СВН – до $500 t/км^2 \cdot год$; 6) семиаридный и аридный юго-запад Северной Америки (Большой бассейн, Большие пустыни, Мексиканское нагорье и др.): модули СВН не превосходят, как правило, $20–100 t/км^2 \cdot год$, а на более увлажненном и хорошо агрикультурно освоенном побережье Тихого океана (Калифорния, США) – до $3000–4000 t/км^2 \cdot год$; 7) Центральная Америка и Антильские острова: модули наносов изменяются от $100–500 t/км^2 \cdot год$ в естественных гилейных ландшафтах до нескольких тысяч $t/км^2 \cdot год$ в обезлесенных горных бассейнах. На заболоченных равнинах, все еще покрытых густыми тропическими лесами (равнины п-ова Юкатан, Гондураса, Белиза, Никарагуа и Панамы), речной сток наносов сокращается до $20–50 t/км^2 \cdot год$.

Для определения современных тенденций изменения эрозии на континенте собраны и статистически обработаны результаты многолетних наблюдений за стоком взвешенных наносов. Вся доступная для анализа информация относится к территории США² и Канады³. Многолетние ряды СВН, хотя и разнятся между собой по продолжительности и степени прерывистости наблюдений (рис. 1), все же пригодны и представительны при сопоставлении их с динамикой водного стока для установления общего характера тенденций изменения эрозии в этом регионе Земли за последние полвека. Выводы же о направленности изменения эрозии в Центральной Америке и на островах Карибского бассейна, по которым отсутствовала информация о динамике СВН, сделаны с учетом тенденций изменения факторов, контролирующих ход эрозионных процессов – главным образом антропогенного.

Соединенные Штаты Америки

Вторая половина XX столетия была отмечена преобладающей, не везде явно выраженной, тенденцией увеличения стока воды в речных бассейнах восточной части США (табл. 1). Это увеличение водности в столь хорошо земледельчески освоенном регионе континента не могло не сказаться на увеличении эродирующей силы стоковых вод⁴, усиления скорости как русловой, так и бассейновой эрозии. Такую направленность эрозии показывает динамика СВН (рис. 2). В отдельных штатах страны (Южная Дакота, Айова, Висконсин и др.) темпы усиления эрозии (увеличения СВН) заметно превышали темпы увеличения водности. Одна из причин тому – синхронная динамика хозяйственного освоения территории. Еще с начала европейской колонизации скорости эрозии возросли на равнинах востока США более чем в 10 раз, и потери слоя почв в ряде штатов за последние 200 лет составили от 10 до 25 см [3]. Особенно заметно этот процесс проявился в Аппалачских горах и в их восточном предгорье (Пидмонт). Некогда этот край был покрыт густыми лесами и цветущими лугами. За последние столетия его растительность была сведена и территория стала представлять собой распаханнные холмы с редкими фрагментами лесов. Здесь, по образному выражению А. Боли [4], впереди фермера шел лесоруб. Ныне эту часть лесного пояса только условно можно назвать лесной. Несмотря на то, что с начала колонизации прошло немало десятилетий и уже неоднократно менялись технологии обработки пахотных земель и применялись меры по борьбе с размывом почв, тем не менее во многих штатах страны проблема сохранения земель от эрозии еще не решена.

² Результаты исследований СВН приведены на Интернет-сайте Геологической службы США (<http://www.usgs.gov>).

³ По материалам Национального института водных исследований (НИВИ), Канада (<http://www.csiw.ca>).

⁴ В районе Великих озер и Аппалачах в период 1945/46–1984/85 гг. отмечался особенно ощутимый положительный тренд зимних осадков.

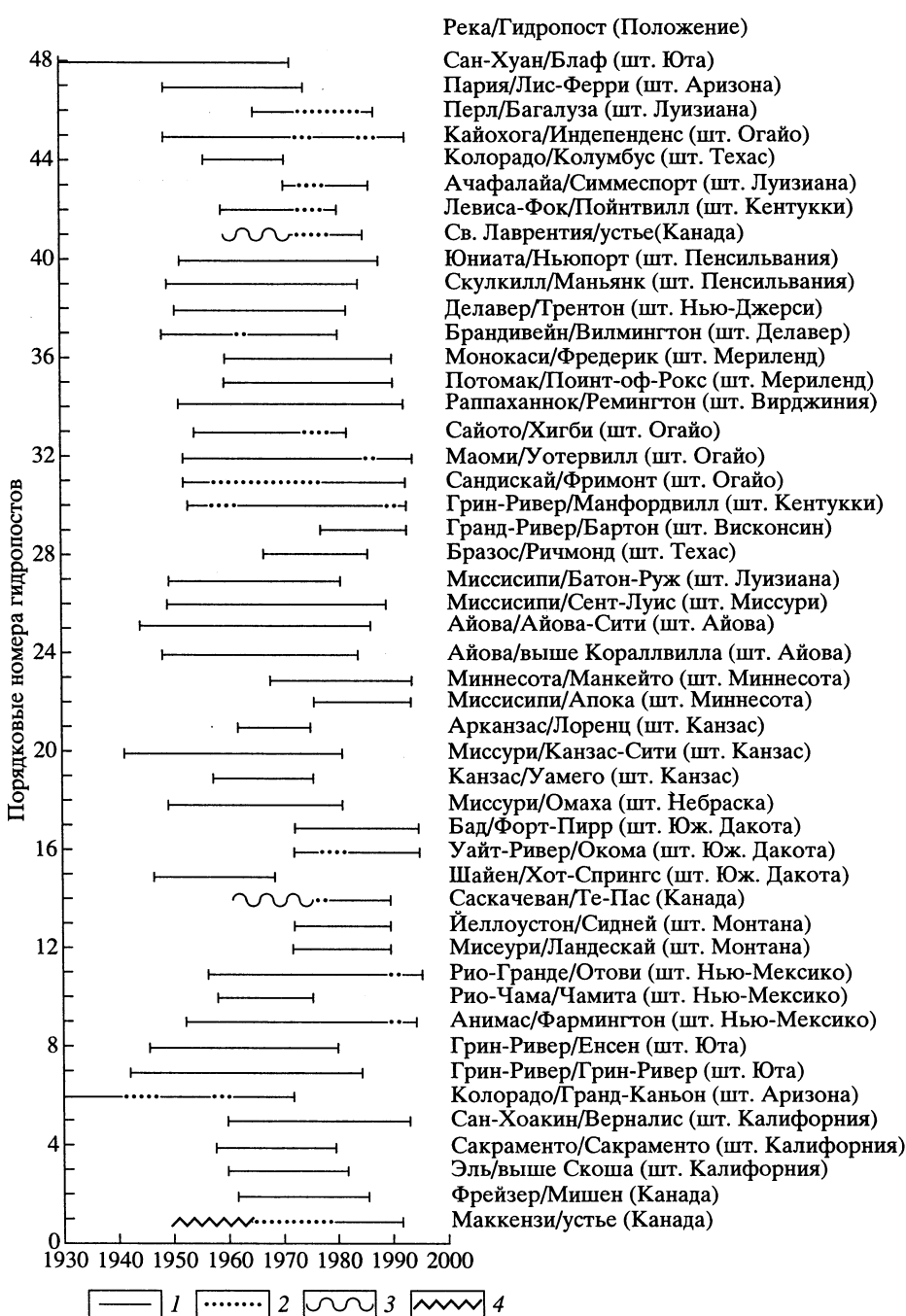


Рис. 1. Географическое распределение и продолжительность рядов наблюдений за СВН, использованных в настоящей работе

1 – непрерывный ряд СВН, 2 – отсутствие данных, 3 – предположительный период наблюдений, привязанный к году издания публикации, содержащей сведения о СВН (с указанием продолжительности периода наблюдений), 4 – предположительный период наблюдений, привязанный к году издания публикации, содержащей сведения о СВН (без указания продолжительности периода наблюдений)

Освоение земель продолжалось на протяжении последних десятилетий. Так, за период с 1950 по 1980 г. доля посевов кукурузы, слабо сдерживающих эрозию, в севообороте страны возросла почти на 70% (!): штаты Айова, Иллинойс, Индиана, Огайо, Небраска, Миннесота, Мичиган, Висконсин, Южная Дакота и др. сконцентрировали более 80% общеамериканской уборочной площади этой культуры [5]. Каким же образом могло повлиять это расширение на скорость эрозии? По расчетам [6], на каждый 1% увеличения площади, засеянной кукурузой, средняя концентрация взвешенного в речной воде материала увеличивается в среднем на 0.42% (зависимость установлена по бассейну р. Айова в шт. Айова). Следовательно, только с 1950 по 1980 г. сток наносов в бассейнах многих рек "кукурузного пояса" должен был возрасти на 30%, не считая гидроклиматической составляющей этого увеличения. Показательны в этой связи результаты эксперимента, проведенного на одном из полевых стационаров в том же штате Айова, где потери почв за год под многолетними травами составили 6 т/км², при чередовании посевов трав и кукурузы – 540 т/км², под посевами кукурузы на зерно – 1880 т/км² [7]. Сопоставимые оценки дали опыты, проведенные в более влажных районах страны [8].

В целом ряде штатов (Миссисипи, Теннесси, Кентукки и др.) сокращение посевов кукурузы (с 95 тыс. км² 1929 г. до 30 тыс. км² в 1982 г.) происходило параллельно увеличению площадей под другими, не менее эрозионно опасными культурами – сои (с 5000 до 100 000 км² соответственно) и пшеницы [9]. Скорости эрозии при культивации последней (пшеничный пар), к примеру, в среднем в 5–6 раз превышают таковые на полях, засеянных люцерной, и почти в 30 раз – скорости на естественных пастбищах [10]. В условиях холмистого рельефа с лёссовидными почвогрунтами размыв пастбищ приобретает порой катастрофический характер. Еще в 1950-х годах западная часть штата Теннесси славилась своими прекрасными пастбищами и куль-

Таблица 1

Тенденции изменения стока воды в бассейнах некоторых рек востока США за 1940–1988 гг. (по материалам Геологической службы США)

Река/Пункт	Штат США	F, км ²	L, %	P ₂ P ₁	T	C ₁ /C ₂
Миссисинева/Марион	Индиана	1766	8.5	0.98	–	38.3/35.0
Уобаш/Монт-Кармел	Иллинойс	74165	13.8	1.01	+	44.3/30.4
Гринбиер/Бакейе	Зап. Вирджиния	1399	80.0	1.09	+	19.3/22.3
Литллл/Грейсантон	Вирджиния	777	46.0	0.95	–	27.3/30.4
Михеррин/Лоренсвилл	Вирджиния	1430	72.0	1.10	+	36.3/42.3
Флат/Багама	Сев. Каролина	386	71.0	1.00	0	32.0/50.5
Линчес/Эффингом	Южн. Каролина	2668	54.0	1.14	+	35.4/29.9
Брод/Карлайлс	Южн. Каролина	7226	60.0	1.05	+	26.1/26.6
Хатчи/Боливар	Теннесси	3833	60.9	1.11	+	37.3/42.5
Симмарон/Теркинс	Оклахома	46237	2.9	1.08	+	17.3/9.0
Биг Блэк/Бовейна	Миссисипи	7283	52.0	1.19	+	42.3/51.2
Эмейт/Денхем-Спрингс	Луизиана	3315	59.1	1.15	+	31.2/40.4
Чаттуга/Клэйтон	Джорджия	536	96.1	1.13	+	25.7/27.0
Саттила/Уэйкросс	Джорджия	3108	83.3	1.27	+	64.5/45.0
Сакарнучи/Ливингстон	Алабама	1572	70.0	1.13	+	38.6/45.3
Санта-Фэ/Уоррингтон	Флорида	1489	60.6	1.06	+	68.3/45.7
Еллоу/Миллингтон	Флорида	1616	75.7	0.99	–	32.8/34.6
Очлоккони/Хавана	Флорида	2953	51.8	1.22	+	62.3/51.6

Примечание. F – площадь бассейна, L – лесистость бассейна, P₂P₁ – соотношение норм стока воды за периоды 1965–1988/1940–1964 гг., T – тенденции стока воды: – нисходящая; + восходящая; 0 – стационарная, C₁/C₂ – коэффициенты межгодовой вариации стока воды за периоды 1940–1964/1965–1988 гг. (%).

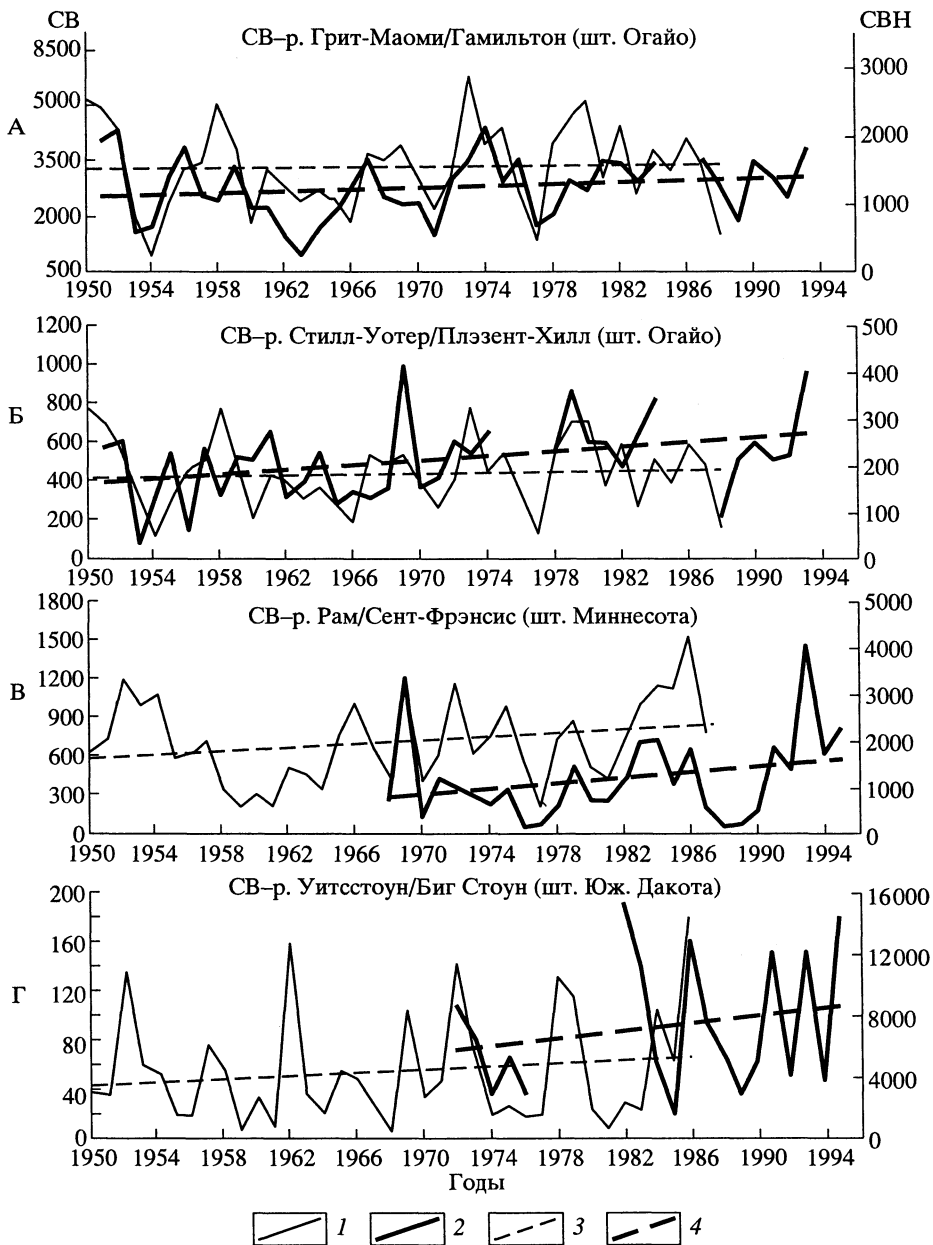


Рис. 2. Тенденции изменения стока воды (CB, $\text{фут}^3/\text{с}$) и стока взвешенных наносов (CBH, тыс. т/год) в бассейнах некоторых рек северо-востока США (по материалам Геологической службы США)
 Ряды по CBH: А – р. Маоми/Уотервилл (шт. Огайо), Б – р. Кайхохо/Индепенденс (шт. Огайо), В – р. Миннесота/Манкейто (шт. Миннесота), Г – р. Уайт-Ривер/Окома (шт. Юж. Дакота).
 1 – CB, 2 – CBH, 3 – тенденция CB, 4 – тенденция CBH

турными лугами. Ныне они почти всюду распаханы и в большинстве графств ежегодный смыв почв составляет 1000–50 000 т/км² [11]. Расширение посевов культурной растительности сопровождалось зачастую сведением растительности лесной, что особенно ярко проявилось в ряде южных штатов⁵ и на востоке США. Все это – прямой путь к усилению почвенно-овражной эрозии в достаточно короткий интервал времени. Так, сток взвешенных наносов р. Перл/Богалуза (шт. Луизиана) увеличился только с 1968–1979 по 1983–1989 гг. в 2.2 раза (соответственно с 806 до 1753 тыс. тонн (по материалам Геологической службы США)). Синхронно увеличению мутности в реках отмечалось и увеличение скоростей осадконакопления в озерах: в чаше оз. Пепин (долина Нижней Миссисипи), к примеру, скорость осаждения взвесей за период с 1954 по 1977 г. возросла с 2.0 до 2.5 см/год [13], а в оз. Пеория (шт. Иллинойс) с начала века по 1970-е годы – более чем в 2 раза [14]. С усилением антропогенной нагрузки на природные и природно-антропогенные ландшафты возросла экстремальность проявления эрозионных процессов и, следовательно, стока наносов в реках (рис. 3).

Суммарно по США потери почвогрунтов с лесных территорий без учета аккумуляции оцениваются в 783 млн. т/год [15]. Это более чем вдвое меньше, чем с пашни. Если рассматривать потери почв с единицы площади, то средние годовые скорости потери почв с пахотных земель оцениваются, по данным Л. Ли [16], в 1087 т/км² · год, а потери же в лесах – 346 т/км² · год и зачастую менее того.

К 1980-м годам эрозия почв, причинившая к этому моменту значительный ущерб хозяйству страны, в корне изменила отношение к масштабам проведения противоэрозионных мероприятий со стороны властей. В 1985 г. Конгресс США принял новую природоохранную программу, согласно которой эродированные земли, подлежащие "консервации", оцениваются в целом по стране в 2.8 млн. км² [17]. Создание почвозащитного покрова только на площади 180 тыс. км² сильно эродированных земель за годы действия этой программы (1986–2000 гг.) должно было предотвратить потерю более 7 млн. тонн (в среднем 2.6 т/км² · год) почвенного материала [18]. Однако вся трудность реализации проекта заключается в том, что фермеры отказываются от проведения противоэрозионных мероприятий, поскольку их отдача ощущается только спустя 10–15 лет, что для мелкого фермера и особенно арендатора является сроком слишком продолжительным. В результате этого потери почв продолжаются, особенно в "соево-кукурузном поясе", где в среднем модуль эрозии (не модуль СВН!) достигает 3000–5000 т/км² · год. Тем не менее в ряде штатов, где федеральная антиэрозионная программа имеет дополнительное субсидирование из местных бюджетов, уже есть ощутимый положительный эффект от нее. В штате Иллинойс, например, за период с 1982 по 1987 г. скорость эрозии почв сократилась с 0.11 до 0.085 см/год (на 22.7%), что определенно явилось следствием комплекса работ, проводимых еще с 1970-х годов. В частности, технология оставления на поле растительных остатков урожая, если на следующий год это поле не планируется под пашню, снижает эрозию почв на 95% [19]. Заметим, что 1980–1985 гг. в этом штате были самыми многоснежными за все минувшее столетие [20], и последовавшая в 1990-х годах тенденция снижения мощности снежного покрова должна была только усилить суммарный позитивный эффект проводимых здесь противоэрозионных работ.

В бассейнах рек, зарегулированных системой водохранилищ, уменьшение стока наносов нередко может создать иллюзию успешной борьбы с механической денудацией. Наглядный пример – бассейн р. Делавер, где с 1960-х годов наблюдалось отчетливое сокращение речных наносов, при том что водный сток здесь возрастал (рис. 4А). На регулируемую СВН роль водохранилищ в верховье реки указывает, видимо, попередное соотношение коэффициентов межгодовой вариации стоков наносов и стока воды (рис. 4Б): если небольшое сокращение этого коэффициента в стоке воды можно

⁵ В бассейне низовья р. Миссисипи лесопокрытая площадь с 1933 по 1971 г. сократилась в 1.5–2 раза [12].

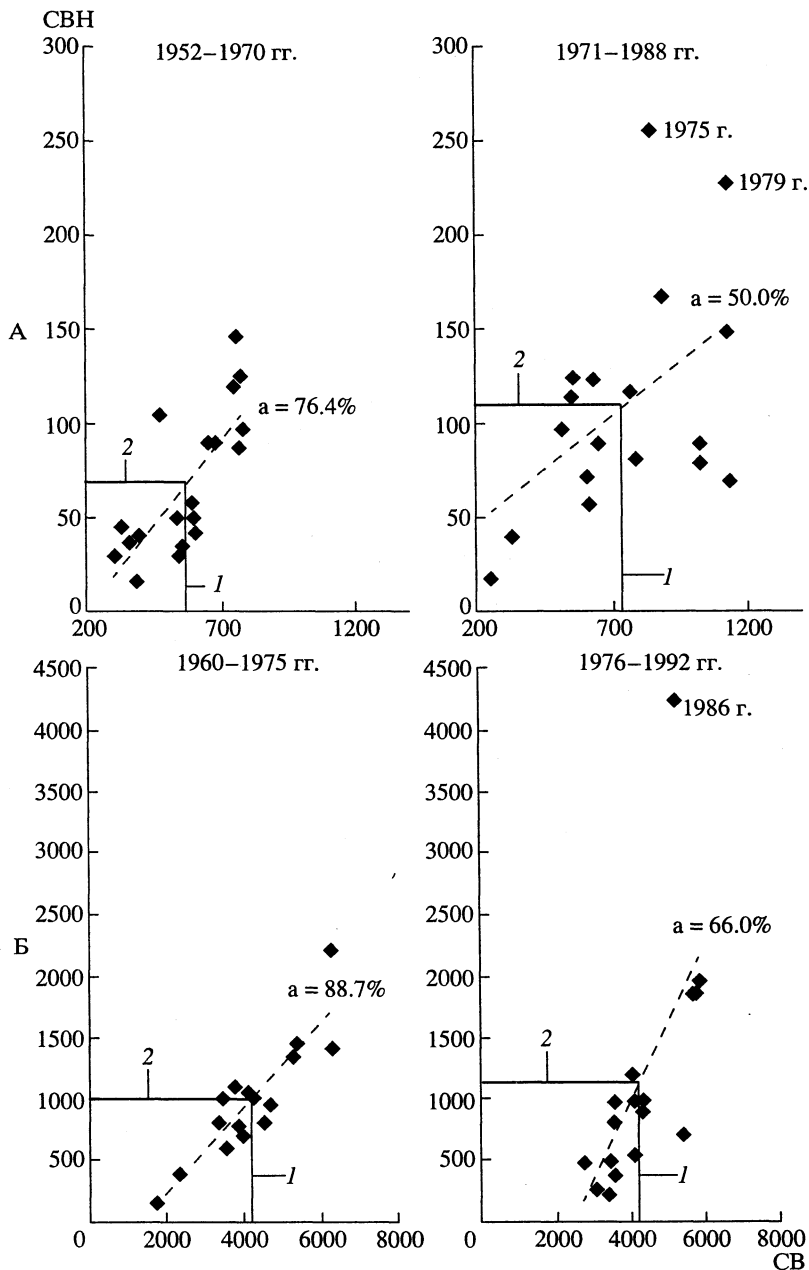


Рис. 3. Попериодные корреляции и направленность изменения норм стока воды (CB, фут³) и стока взвешенных наносов (CBH, тыс. т/год)

А – в бассейнах р. Раппаханнок/Ремингтон (шт. Вирджиния, США), Б – р. Потомак/Поинт-оф-Рокс (по СВН) / Ханкок (по СВ) (шт. Мериленд, США) (по материалам Геологической службы США), а – коэффициент аппроксимации связи СВ и СВН; 1 – норма СВ, 2 – норма СВН

объяснить главным образом как общим увеличением водности в бассейне реки⁶, так и искусственным его регулированием, то достаточно резкое (почти на 20%) сокращение межгодовой неравномерности стока наносов – исключительно антропогенным влиянием (плотинное его контролирование). На это четко указывают и возросшие показатели зависимости СВН от СВ (коэффициенты корреляции). Однако эта динамика все же не проясняет направленности изменения эрозии (не стока наносов!). Можно лишь предположить, что задержка в водохранилищах значительной массы продуктов эрозии была синхронна усилению последней в бассейне реки. Тому благоприятствовали, во-первых, отмеченное выше увеличение водности в регионе и, во-вторых, антропогенный фактор – рост плотности сельского населения и особенности его расселения⁷. А ведь именно такая эрозионная тенденция была характерна для бассейнов, смежных с бассейном р. Делавер: сток наносов, например, в р. Юниата/Ньюпорт (шт. Пенсильвания) с 1952–1970 по 1971–1990 гг. возрос почти на 6% (с 226 до 240 тыс. т/год), а в р. Скулкилл/Маньянк (шт. Пенсильвания) – более чем на 56% (с 256 тыс. т/год в период 1954 (после зарегулирования) – 1970 гг. до 400 тыс. т/год в 1971–1985 гг.). Вместе с тем эффект противоэрозионной деятельности, но уже в более длительной ретроспективе, здесь, безусловно, имел место: в одном из водохранилищ в бассейне р. Делавер – Юнион-Лейк на р. Морис – скорость седиментации, определенная [22] по распределению изотопа ¹³⁷Cs в осадках, в последние десятилетия заметно сократилась в сравнении со всем периодом эксплуатации водоема с 1868 г. (соответственно 0.6–1.0 и 2.6 мм/год).

На горно-предгорном западе США тенденции изменения эрозии, судя по динамике СВН, были в целом иными, чем на востоке страны. Причины тому – как динамика водности (табл. 2), так и эффективная деятельность человека, направленная на борьбу с эрозией (рис. 5). При этом уменьшающая эрозию динамика стока воды далеко не всегда выражается через тренд уменьшения. В слабо освоенном таежном бассейне р. Анимас (шт. Нью-Мексико), например, увеличение водности (данные по стоку воды по смежному бассейну) сопровождалось значительным сокращением межгодовой (а возможно, и внутригодовой) вариации величин последней, ставшим, очевидно, причиной сокращения стока наносов и его межгодовой (внутригодовой?) неравномерности (табл. 3). Меньший коэффициент корреляции между годовыми СВ и СВН – показатель, наиболее характерный для значительно облесенных и слабо освоенных бассейнов областей гумидного климата [23].

В другом случае в бассейне р. Грин-Ривер с полупустынными и достаточно хорошо освоенными ландшафтами незначительное увеличение водного стока сопровождалось, напротив, увеличением его межгодовой неравномерности. Сток же наносов при такой динамике был существенно сокращен (при слабом изменении корреляции между СВ и СВН) (табл. 3). В сравнении с бассейном р. Анимас влияние антропогенного фактора и его эффективность в бассейне р. Грин-Ривер вполне очевидны. В последнее время в США все большее распространение получают новые способы обработки полей, вводится минимальная вспашка, которая, в противовес традиционной технологии (контурное вспахивание, террасирование склонов и др.), более продуктивна ("нулевая" вспашка – с захватом не более 25% пашни) и менее провоцирует эрозию [2].

В конце 1980-х годов Министерство сельского хозяйства США не без гордости заявило о том, что только за 2 года – с 1986 по 1987 г. – потери почв от эрозии на пахотных землях в стране, по причине перевода 162 тыс. км² их площади (11% всей пашни США) под пастбища и леса, уменьшились на 460 млн. тонн [24]. Насколько нам известно, это крупнейшее сокращение скоростей эрозии, когда-либо имевшее место в мировой практике в столь короткие сроки (модуль сокращения в среднем по терри-

⁶ Увеличение влажности климата в бассейне реки (для гумидных зон умеренного пояса) приближает гидрологический режим в ней к типично приморскому с сравнительно более равномерным внутри- и межгодовым стоком воды.

⁷ Застройка малых городов шла с 1970-х годов весьма хаотично, без всякого регулирования [21].

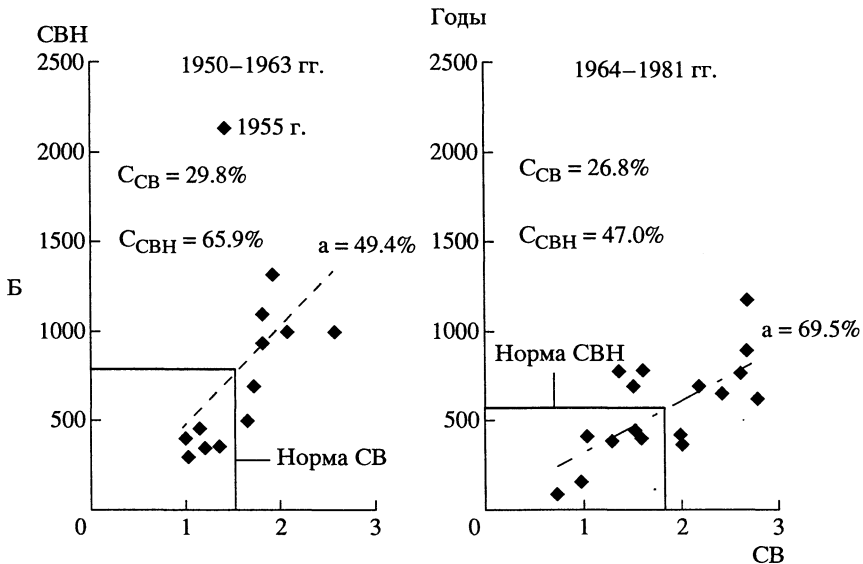
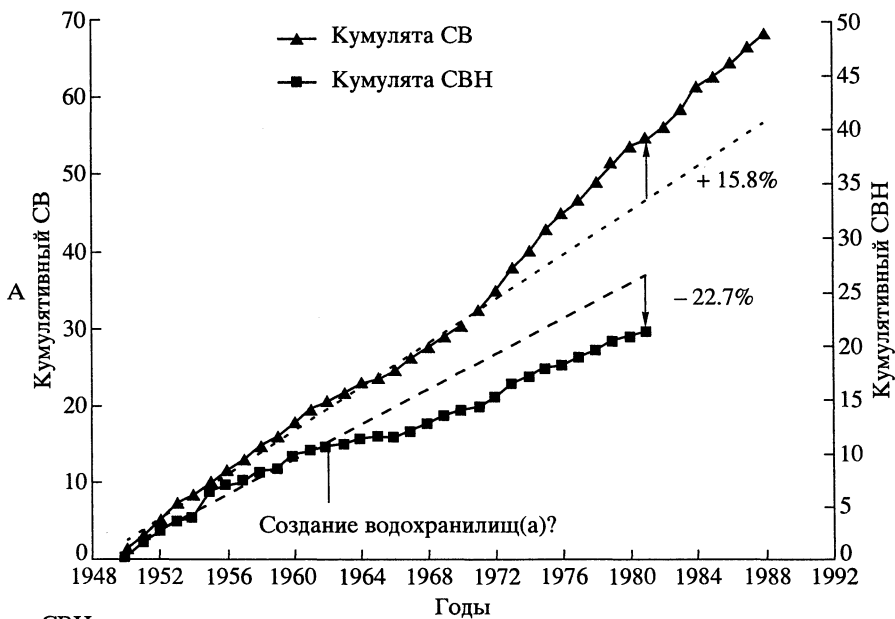


Рис. 4. Динамика кумулят стока воды (СВ, млрд. фут³/год) и стока взвешенных наносов (СВН, млн. т/год) (А) и поперидное соотношение годовых стоков (Б) в бассейне р. Делавер/Трентон; СВН (тыс.т/год) (по материалам Геологической службы США)

а – коэффициент аппроксимации связи СВ и СВН; C_{CB}/C_{CBH} – коэффициент межгодовой вариации СВ (СВН)

тории США за эти 2 года составил 49 т/км²). В 1983 г. почвозащитные мероприятия здесь проводились на 567 тыс. км² (6% площади США), что означало их расширение в 3.5 раза по сравнению с началом 1970-х годов [25]. И результаты этой противо-эрозийной кампании были, как мы видим, весьма эффективны: если в конце 1960-х годов терялось гумусового слоя на полях США ежегодно около 3 млрд. тонн [26], то к 1982 г. – уже 2.6 млрд. тонн [27]. Приведенные цифры, хотя достаточно грубы, все же общую тенденцию показывают. Вопрос в другом: за счет каких территорий в

Тенденции изменения стока воды в бассейнах некоторых рек северо-запада США за 1940–1988 гг.
(по материалам Геологической службы США)

Река/Пункт	Штат США	F, км ²	L, %	P ₁ /P ₂	T	C ₁ /C ₂
Кликитат/Питт	Вашингтон	3359	77.0	1.00	0	30.0/30.3
Колвил/Кеттль	»	2608	89.0	1.12	–	31.9/48.7
Чехалис/Гранд Монд	»	2318	80.0	1.01	–	23.9/27.0
Сок/Сок	»	1849	79.0	1.01	–	18.2/21.2
Скайкомиш/Голд Бар	»	1386	85.0	1.01	–	20.7/21.5
Сван/Бигфок	Монтана	1738	89.8	0.94	+	23.1/18.3
Салмон/Салмон	Айдахо	9738	40.0	0.96	+	20.0/27.0
Селвей/Лоуиллид	»	4947	95.0	1.02	–	20.2/27.8
Лохса/Лоуэлл	»	3056	100.00	1.01	–	21.3/27.3
Йо/Колдер	»	2668	95.0	1.00	0	25.0/29.0
Бойсе/Твин Спрингс	»	2150	75.0	0.97	+	23.6/35.6
Мойе/Истпорт	»	1476	100.00	1.08	–	28.8/32.0
Сатсоп/Сатсоп	Вайоминг	774	93.0	0.97	+	18.4/22.6
Силвис/Берн	Орегон	2419	68.6	0.85	+	46.8/67.6
Мелхиор/Дрюсей	»	2357	29.4	0.88	+	45.1/57.0
Рогут/Прспект	»	808	96.6	1.05	–	19.5/26.3
Уматилла/Михам	»	339	68.7	1.00	0	20.4/31.0

Примечание. P₁/P₂ – соотношение норм стока воды за периоды 1940–1964/1965–1988 гг.
Остальные обозначения см. в табл. 1.

Таблица 3

Тенденции изменения стока воды (СВ), стока взвешенных наносов (СВН) и межгодовых вариаций обоих стоков в бассейнах некоторых рек Среднего Запада США (по материалам Геологической службы США)

Периоды	Норма		Коэффициенты вариации, %		R ^{**} , %
	СВ, фут ³ /с	СВН, млн.т/год	СВ	СВН	
СВН р. Анимас/Фармингтон (шт. Нью-Мексико)					
1952–1973 гг.	241.7*	721.0	92.8	70.2	71.4
1974–1988 гг.	259.7*	552.0	65.5	65.8	42.4
Изменения****	+7.4%	–23.4%	–29.4%	–6.3%	–40.6%
СВН р. Грин-Ривер/Грин-Ривер (шт. Юта)					
1942–1963 гг.	522.3***	15.41	17.9	54.5	40.6
1964–1984 гг.	529.6***	8.74	20.9	51.0	42.2
Изменения	+1.4%	–43.2%	+16.8%	–6.4%	+3.9%

Примечание. * СВ приведен по бассейну р. Литл-Колорадо/Камерон (шт. Аризона).

** Коэффициент корреляции годовых значений СВ и СВН за соответствующий период.

*** СВ приведен по бассейну р. Грин-Ривер/Дэниэл (шт. Вайоминг).

**** Изменения между указанными периодами.

Соединенных Штатах происходило такое сокращение продуктов эрозии, в том числе и сокращение в середине 1980-х годов, о котором было заявлено в Вашингтоне?

Выше отмечалось, что на востоке США за последние полвека эрозия усилилась, тогда как на западе в основном ослабевала.

Поскольку именно в западной (горной) части страны, в освоенных ландшафтах лесной и лесостепной зон, фиксируются одни из наиболее высоких скоростей эро-

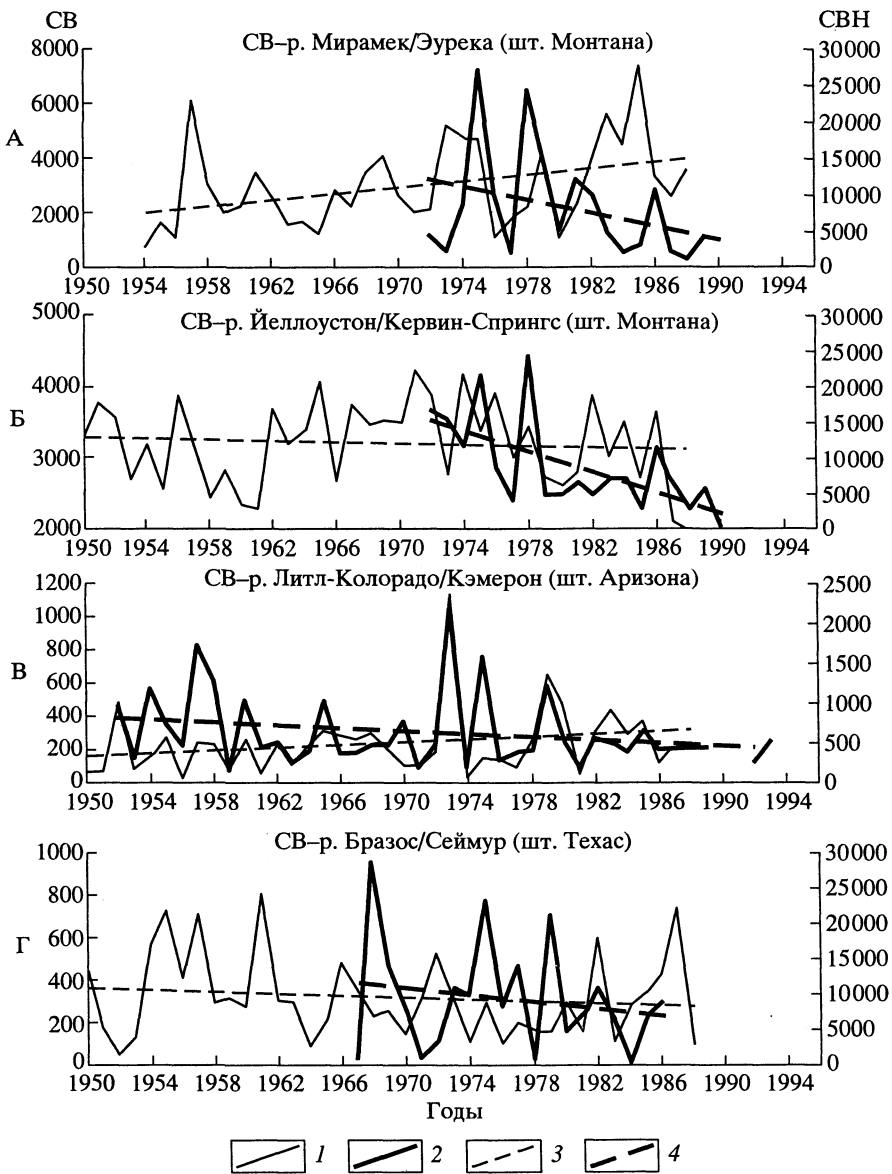


Рис. 5. Тенденции изменения стока воды (СВ, фут³/с) и стока взвешенных наносов (СВН, тыс. т/год) в бассейнах некоторых рек Среднего Запада США (по материалам Геологической службы США)

Ряды по СВН: А – р. Миссури/Ландескай (шт. Монтана), Б – р. Йеллоустон/Сидней (шт. Монтана), В – р. Анимас/Фармингтон (шт. Нью-Мексико), Г – р. Бразос/Ричмонд (шт. Техас)

Условные обозначения см. на рис. 2

дирования (модули СВН – многие сотни т/км²·год), то и эффект их снижения здесь следовало ожидать значительно больший (по массе продуктов эрозии), чем в восточных и северо-восточных штатах страны.

В значительной степени сокращению наносов во многих реках страны способствовало создание водохранилищ различного целевого назначения. "Золотой век" плотиностроения наступил в 1960-х годах; в 1967 г. зарегистрировано рекордное число созданных водохранилищ – 230. Этот процесс начался в северо-восточных штатах, затем перешел в южные и только потом – в аридные западные штаты. За последние

70 лет количество водохранилищ возросло более чем в 4 раза, а суммарный их полный объем – в 15 раз [28]⁸, причем преобладают водохранилища именно долинного типа – 90% от общего числа. В настоящее время наибольшее количество этих водоемов приходится на аридно-семиаридные (юго-западные) и лесные, лесостепные (северо-западные) штаты – Техас, Аризона, Калифорния, Оклахома, Канзас, Монтана, Северная и Южная Дакота, Вашингтон, т.е. там, где отмечаются значительные скорости водной денудации и природно-антропогенное их сокращение за последние полвека. В этих краях некоторые водохранилища заполняются продуктами эрозии за сравнительно небольшой отрезок времени – всего за 10–15 лет. Нам известен факт очень быстрого заиления водохранилища Остин на р. Колорадо, которое за 7 лет потеряло около половины своего объема, а построенное на его месте другое водохранилище за 5 лет заилилось на 83% [29]. В самой же р. Колорадо после сооружения каскада водохранилищ (особенно крупнейшего в США – Гувер), оборудованных специальными сооружениями для осаждения взвесей, сток наносов был сокращен весьма ощутимо – со 125–150 млн. т/год в 1930-е до 100 тыс. т/год – в 1980-е годы. В р. Рио-Гранде, несущей свои воды в Мексиканский залив, после сооружения водохранилищ расход наносов также заметно сократился: в устье – с 20 млн. т/год в 1940-е годы до 1 млн. т/год – в начале 1980-х годов [30], а в верховье (у г. Оттови-Бридж, шт. Нью-Мексико) – с 2.31 млн. т/год в 1956–1970 до 1.32 млн. т/год – в 1976–1990-е годы (по материалам Геологической службы США). Выявление во всех этих сокращениях того объема наносов, что не поступил с междуречий в реки благодаря противоэрозионным мероприятиям, представляется пока методически затруднительным.

Соотношение тенденций изменения эрозии на востоке и западе США интегрально показывает изменение стока наносов по длине Миссисипи, речная сеть которой дренирует более трети территории страны. Поскольку основная нанософормирующая площадь этой реки приходится на западные, горно-предгорные территории США, где модули стока наносов достигают многих сотен т/км²·год, то и современная направленность изменения стока наносов в ней будет отражать преимущественно эрозионную тенденцию в этой части страны. И действительно, после сооружения каскада водохранилищ в середине 1950-х – начале 1960-х годов на р. Миссури – главном притоке Миссисипи, сток наносов последней после значительного сокращения все так же продолжал уменьшаться: с 1954–1967 по 1968–1981 гг. у г. Канзас-Сити – с 76 до 58 т/км²·год (на 23,7%), у г. Батон Руж – с 204 до 159 т/км²·год (на 22.1%) (рис. 6). В то же время у р. Сент-Луис отмечалось некоторое увеличение наносов за те же периоды с 98 до 108 т/км²·год (на 10.2%), что связано, на наш взгляд, с поступлением большой массы продуктов эрозии из бассейна верховий реки (север "кукурузного пояса" США – штаты Миннесота, Мичиган, Висконсин и др.). Вполне реально, что увеличение стока наносов в Миссисипи продолжалось на некотором расстоянии и ниже по течению от впадения в нее р. Огайо, в бассейне которой, как было показано выше (рис. 2), отмечалась восходящая эрозионная тенденция.

Канада

Тенденция снижения скоростей эрозии на западе США прослеживалась также севернее – на горном и предгорном западе Канады. Там, в значительно облесенном бассейне р. Фрейзер, уменьшение стока воды обусловило сокращение стока наносов (табл. 4). Общее уменьшение водности сопровождалось усилением ее межгодовой неравномерности и, как следствие, стока взвешенных наносов, а также ростом зависимости СВН от СВ. За период с 1974 по 1983 г. в бассейне реки было больше лет с экстремальными проявлениями стока наносов (1979, 1982, 1983 гг.), чем за период с 1965 по 1973 г. (1965, 1972 гг.). Более того, отмечалась достаточно тесная связь последних с сезонными и годовыми метеорологическими колебаниями, чаще всего с

⁸ Представлены только данные о числе водохранилищ, занесенных в Кадастр водохранилищ США. Общее же число водохранилищ в стране не менее 6 тыс.

Тенденции изменения стока воды (СВ), стока взвешенных наносов (СВН) и межгодовых вариаций обоих стоков в бассейне р. Фрейзер/Мишен (Британская Колумбия, Канада) за 1965–1983 гг. (по материалам, предоставленным Дж. Сивитским, Канада)

Периоды	Норма		Коэффициенты вариации, %		R, %
	СВ, л/с·км ²	СВН, т/км ² ·год	СВ	СВН	
1965–1973 гг.	16.0	80.3	10.4	37.3	59.1
1974–1983 гг.	14.0	69.7	13.6	42.4	76.5
Изменения*	–8.8%	–13.2%	+30.8%	+13.7%	+29.4%

Примечание. R – коэффициент корреляции годовых величин СВ и СВН за соответствующий период.

* Изменения между указанными периодами.

засухами, лесными пожарами, особенно усилившимися в Британской Колумбии в 1970–1980 гг. [31]. Экстремальная эрозия здесь в значительной степени связана со сплошной рубкой леса (ежегодно за период 1960–1980 гг. вырубалось до 2 тыс. км² лесной площади), хотя в последние 20 лет все большее число лесозаготовительных компаний переходят к выборочной рубке [32]. Впрочем, современный тренд увеличения площадей, пораженных в теплое время года лесными пожарами, характерен и для многих других провинций Канады, предупреждая человечество об усилении этих стихийных бедствий и их геоморфологических последствиях в будущем в связи с повышением глобальной температуры за счет нарастающего парникового эффекта [33].

Наблюдаемое с середины XX столетия сокращение стока наносов в бассейнах р. Маккензи/устье (с 25 т/км²·год в 1950-х годах [34] до 23 т/км²·год в 1980-х годах по данным НИВИ, Канада) и р. Саскачеван/Те-Пас (с 8.3 т/км²·год в период 1962–1976 гг. [35]) до 2.8 т/км²·год в период 1979–1990 гг., по данным НИВИ, Канада) могло иметь помимо климатической, также и антропогенную составляющую: за 1941–1976 гг. фермерское население в некоторых районах провинций Саскачеван, Альберта, Манитоба сократилось с 830 до 330 тыс. человек [38], уменьшив тем самым и площади обрабатываемых земель.

На северо-западе Северной Америки вторая половина XX в. характеризовалась незначительным увеличением водности: в бассейне р. Юкон/Игл (293.8 тыс. км²) с 1951–1969 по 1970–1988 гг. сток воды возрос соответственно с 2293.3 до 2470.4 м³/с, т.е. на 7% (по материалам Геологической службы США). Одновременно с этим межгодовая вариация водности сократилась с 17.3 до 9.0%. Если учесть те обстоятельства, что большая часть региона все еще покрыта девственными таежными лесами (в бассейне р. Юкон – до 78%) и основная эрозионная работа в этой связи происходит по берегам и руслам рек, то увеличение водности (следовательно, "живой" силы текущих вод) должно было приводить к усилению эрозии прежде всего руслового типа, а на обезлесенных и распаханых фрагментах междуречий – также к усилению почвенно-овражной эрозии. В то же время уменьшение межгодовой (внутригодовой?) неравномерности стока воды определенным образом могло снизить эффект усиления эрозии при росте объемов воды в бассейне.

Центральная Америка и Антильские острова

Анализируя имеющийся материал по динамике факторов, контролирующих эрозию, можно с большой долей уверенности утверждать, что вторая половина XX столетия в этом регионе характеризовалась восходящей направленностью изменения этого процесса. Главная причина тому – сведение лесов.

Начиная с 1950-х годов на равнинах Центральной Америки было сведено до 2/3 (!)

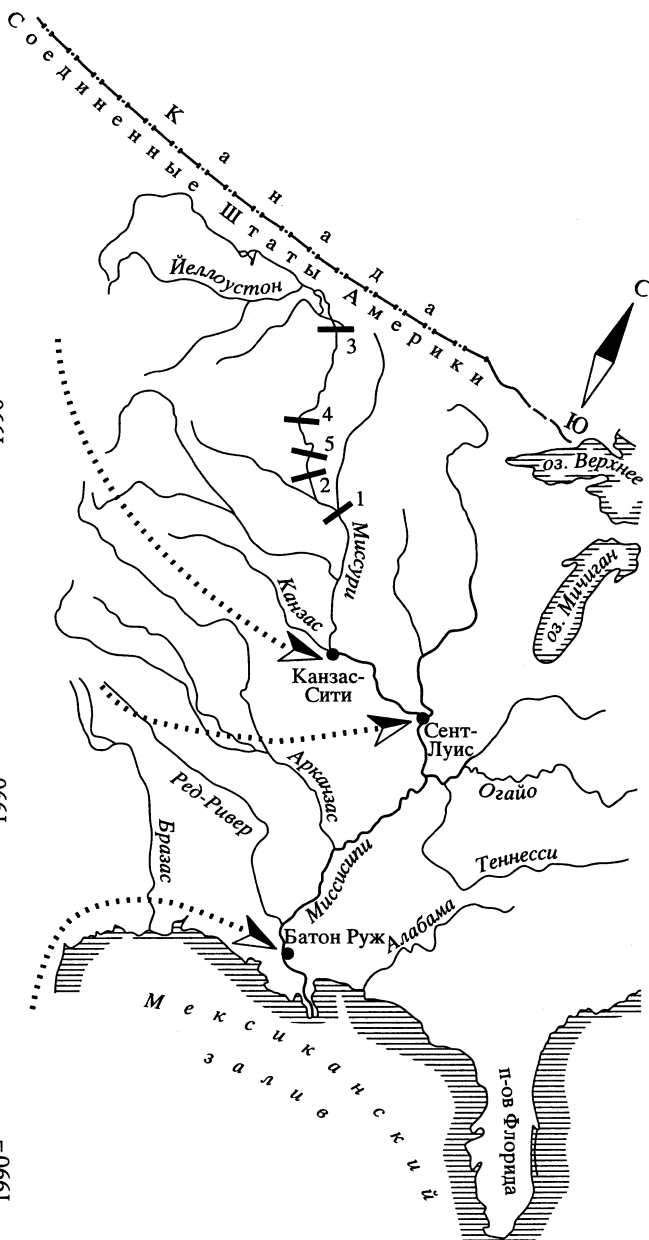
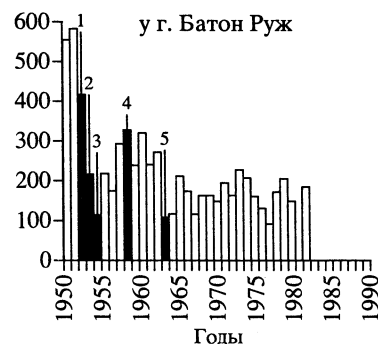
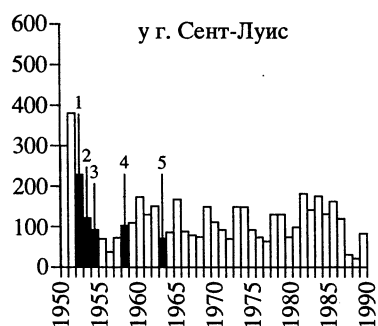
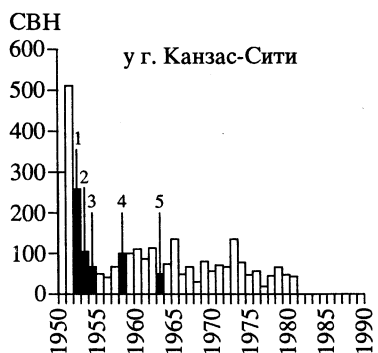


Рис. 6. Изменения стока взвешенных наносов (СВН, млн. т/год) рек Миссури и Миссисипи (по материалам Геологической службы США) после строительства на них водохранилищ
Плотины: 1 – Гевинс Поинт (сооружена в 1953 г.), 2 – Форт Рэнделл (1954 г.), 3 – Гаррисон (1954 г.), 4 – Оахэ (1958 г.), 5 – Шарпэ (1963 г.) (данные о плотинах приведены по [30])

влажно-тропического леса [37] и при сохранении существующих темпов обезлесивания оставшиеся лесные массивы будут вырублены уже до 2015 г. В одной только маленькой Коста-Рике лесопокрытая площадь с 1940 г. сократилась более чем в 2 раза (300 км² ежегодно) [38], притом, что лесовосстановительные работы в стране несоизмеримо слабы: до 1987 г. они проводились на площади в 30 км², в 1987 г. – 60 км², в 1988 г. – 100 км². Для страны, на 2/3 расположенной в горах, это приводит к

катастрофическим последствиям – учащению селей и наводнений, разрастанию овражной сети и смыву почв. Не могли не способствовать усилению эрозии, помимо этого, и изменения в структуре землепользования (население перешло от животноводства к более эрозионно опасному кофейному плантационному хозяйству [39]), а также отмечаемый в ряде провинций страны за последние десятилетия восходящий тренд осадков [40].

С не меньшей силой обезлесивание охватило территорию соседней Никарагуа: с 1961 по 1984 г. леса сократились здесь с 49.5 до 24.0% площади республики (с 64.3 до 31.2 тыс. км² [41]. Лесопокрытая площадь в Мексике только за период 1974–1984 гг. сократилась на 34 тыс. км², главным образом по причине пожаров, выпаса скота, ведения подсечно-огневого земледелия [42]. Лесовосстановительные работы здесь также недостаточно активны. Вытесняют леса городские и сельские поселения и пашни при высоких темпах прироста населения, что отмечалось, например, в Гватемале [43]. В последние десятилетия сильная эрозия в этой республике охватила до 25–35% площади пашен.

То же направление изменения эрозии могло иметь место и на Антильских островах. Настоящей геоэкологической катастрофой выразилось почти повсеместное уничтожение на о-ве Гаити в последние 40–60 лет лесной тропической растительности. Сильная эрозия поразила практически все уголки этого острова, еще сравнительно недавно восхищавшего своей девственной красотой любого, кто прибывал на него. Проектировщики, создавшие водохранилище Пелигер на одной из крупных рек острова – р. Артибоник, и не подозревали, что период его эксплуатации при такой бесхозяйственной деятельности составит не 180 лет, как планировалось, а в 3 раза меньше: скорости заилнения оказались не $3.45 \cdot 10^6$, а $9.6 \cdot 10^6$ м³/год [44]. Положение на острове все более отягощается естественной динамикой населения. В Доминиканской Республике, например, оно увеличилось с 2.1 млн. чел. (в 1950 г.) до 7.5 млн. чел. (в 1990 г.) [45]. И как не вспомнить в этой связи установленную К. Абернети [6] линейную связь между темпами увеличения наносов в реке и темпами прироста населения в ее бассейне (соответственно 1.6–1.0) в сходных природных условиях Юго-Восточной Азии, где процесс антропогенезации ландшафта в последние десятилетия также ускорен. Учитывая эту зависимость и темпы прироста населения в Доминиканской Республике, предположим, что масса наносов в реках этого государства в период с 1950 по 1990 г. должна была возрасти никак не меньше, чем шестикратно! Следовательно, одно-два поколения жителей о-ва Гаити могли наблюдать за период в несколько десятилетий процесс ошутимого морфологического преобразования рельефа, который в естественных условиях длится многими тысячелетиями.

Бурное развитие туризма на островах Малой Антильской гряды также способствовало ускорению бассейновой эрозии. Это имело место, в частности, на о-вах Барбадос [46], Мартиника [47] и др.

Лишь на Кубе (Большие Антилы) проводимые с послереволюционного времени работы по восстановлению лесов⁹ удерживали, по всей видимости, скорости эрозии на более или менее постоянном в последние десятилетия уровне.

Общие выводы

1. На континенте оконтуривались следующие регионы с разнонаправленными за последние полвека тенденциями эрозии: 1) западная и северо-западная части континента с преобладающей нисходящей тенденцией эрозии и стока наносов; 2) восточная, юго-восточная и южная части с восходящей тенденцией (рис. 7).

2. Сложная картина воздействия на эрозионные процессы гидроклиматического фактора и деятельности человека обусловили указанные выше тенденции. Роль первого особо заметно проявилась на востоке США (усиление эрозии) и отчасти в Кордильерах

⁹ Площадь лесов на острове увеличилась с 14% в 1959 г. до 17% в 1980 г. (в начале века леса занимали до 56% территории) [48].

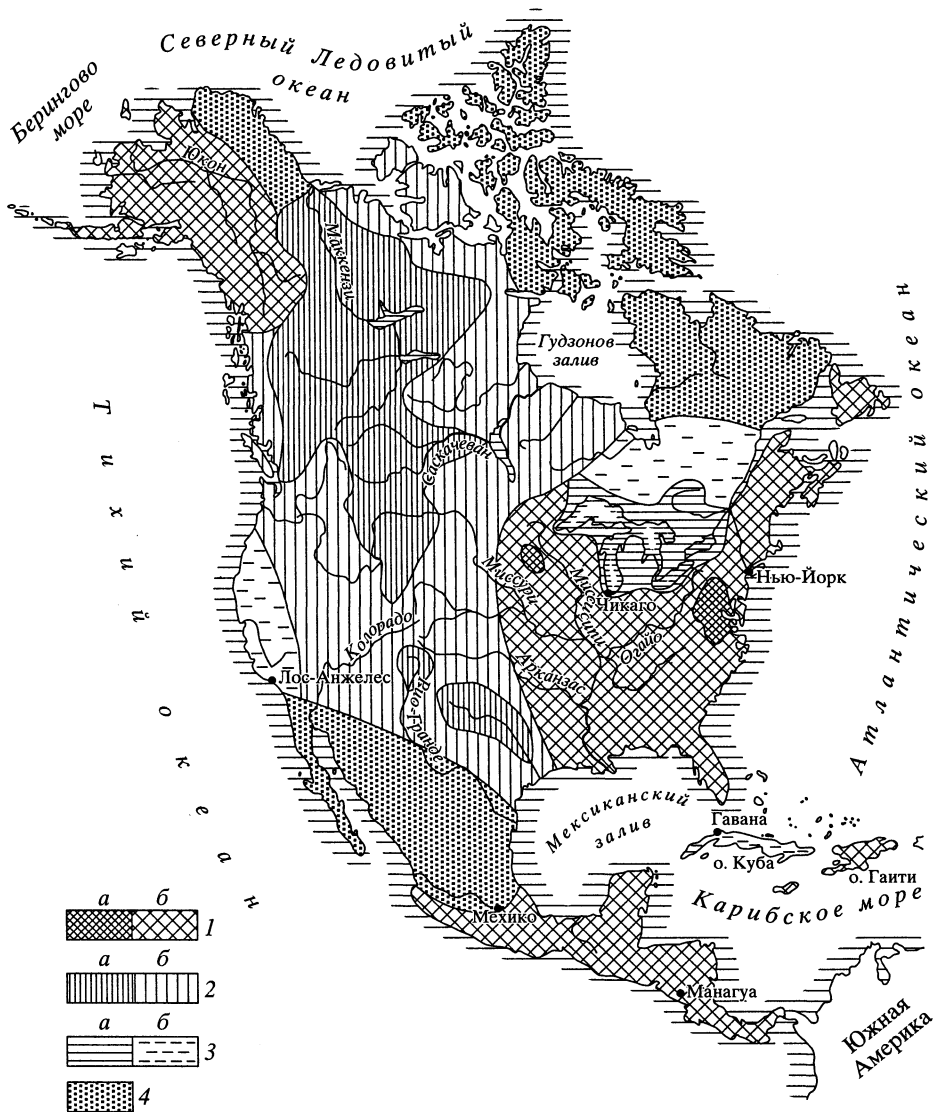


Рис. 7. Карта направленности изменения темпов эрозии в Северной Америке во второй половине XX в. Тенденции: 1 – восходящая, 2 – нисходящая, 3 – стационарная (а – установленная, б – предполагаемая), 4 – нет данных

умеренного пояса (ослабление эрозии). Более ощутимо влияние деятельности человека на изменение эрозии проявилось в Центральной Америке и на Антильских островах (усиление эрозии при рубке лесов и распашке), а также в ряде штатов запада США (ослабление эрозии противоэрозионными мероприятиями) и провинций запада Канады (сокращение обрабатываемых земель).

3. Сложившиеся тенденции эрозии несколько сократили отмеченную в начале статьи контрастность в ее скоростях между западными (горными) и восточными (преимущественно равнинными) секторами континента, но увеличили и, видимо, значительно между увлажненной Центральной Америкой и засушливыми областями его юго-запада.

1. Дедков А.П., Мозжерин В.И. Эрозия и сток наносов на Земле. Казань: Изд-во КазГУ, 1984. 264 с.
2. Львович М.И., Карасик Г.Я., Братцева Н.П. и др. Современная интенсивность внутриконтинентальной эрозии суши земного шара // Результаты исследований по международным геофизическим проектам. М.: 1991. 336 с.
3. Meade R.H. Sources sinks, and storage of river sediment in Atlantic drainage of the United States // J. Geol. 1982. V. 90. № 3. P. 235–252.
4. Боли А. Северная Америка. М.: Госгеографиздат, 1948. 547 с.
5. Черняков Б.А. Зерновое хозяйство США // Сельское хозяйство США в 1980-е годы. М.: Наука, 1990. С. 103–113.
6. Walling D.E., Webb B.W. Erosion and sediment yield: a global overview // IAHS Publ. 1996. № 236. P. 3–19.
7. Peterson J. Soil relation of soil fertility to soil erosion // J. Soil and Water Conserv. 1964. V. 19. № 1. P. 1–30.
8. Wischmeier W.H. Relation of soil erosion to crop and soil management // Intern. Water Erosion Symp. 1970. V. 2. P. 201–220.
9. Healy R.G., Sojka R.E. Agriculture in the South: Conservation's challenge // J. Soil and Water Conserv. 1985. V. 2. № 2. P. 189–194.
10. Brown J.R. The global loss of topsoil // J. Soil and Water Conserv. 1984. V. 39. № 3. P. 162–166.
11. Harris J.T., Garlitz N.W. Save our soil, fighting in West Tennessee // Soil and Water Conserv. News. 1981. V. 2. № 9. P. 13–15.
12. Sternitzke H.S. Impact of changing land use on delta hardwood forest // J. Forestry. 1971. № 1. P. 25–27.
13. McHenry J.R., Ritchie J.C., Cooper C.M. Rater of recent sedimentation in Lake Pepin // Water Resour. Bull. 1980. V. 16. № 6. P. 1049–1056.
14. Steffect D.W., Paveglio F.L., Bellrose F.G., Sparks R.S. Effects of decreasing water depths on the sedimentation rate of Illinois river bottomland lakes // Water Resour. Bull. 1980. V. 16. № 3. P. 553–555.
15. Gianessi L., Peskin M., Grosson P., Putter C. Nonpoint-cource pollution: are cropland controls the answer? // J. Soil and Water Conserv. 1986. V. 41. № 4. P. 215–218.
16. Lee L. Land use and soil loss // J. Soil and Water Conserv. 1984. V. 39. № 4. P. 2226–2237.
17. Ervin D., Blase M. The conservation reserve: potential impacts and problems // J. Soil and Water Conserv. 1986. V. 41. № 5. P. 371–373.
18. Мамаев Г.Г. Почвоохранная политика США // Земледелие. 1993. № 6. С. 28–29.
19. Herendeen R., Fathke D. Illinois cropland: soil erosion trends // Illin. Natural Hist. Surv. Rep. 1994. № 328. P. 1–5.
20. Changnon S.Jr. Climate fluctuations and impacts: the Illinois case // Bull. Amer. Meteorol. Soc. 1985. V. 66. № 2. P. 142–151.
21. Harris G. Local responses to rapid rural growth. New York and Vermont cases // J. Amer. Plan. Assoc. 1989. V. 55. № 2. P. 181–191.
22. Colcagno T.H., Ashley G.M. Sedimentation processes in an impoundment, Union Lake, New Jersey // Environ. Geol. and Water Sci. 1984. V. 6. № 4. P. 237–246.
23. Гусаров А.В. Зональность зависимости стока взвешенных наносов от стока воды на Русской равнине // XIV пленарное межвузовское совещание по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. Уфа: 1999. С. 97–99.
24. Катастрофа или тихий кризис // Известия. 27 августа. 1988.
25. Иоаннесян С.Л. Охрана окружающей среды и новые методы обработки почв в США // Сельское хозяйство в США в 1980-е годы. М.: Наука, 1990. С. 96–102.
26. Williams D. Tillage as a conservation tool // Amer. Soc. Agr. Engr. 1967. № 70. P. 56–57.
27. US. Census of Agriculture. Washington: 1982. V. 1. 434 p.
28. Авакян А.Б., Салтанкин В.П., Яковлева В.Б. Водохранилища США // Водные ресурсы. 1986. № 4. С. 147–159.
29. Оуэн О.С. Охрана природных ресурсов. М.: Колос, 1977. 415 с.
30. Meade R.H., Parker R.S. Sediment in river of the United States // US Geol. Surv. Water-Soupp. Pap. 1984. № 2275. P. 49–60.
31. Johnson E.A., Fryer G.I., Heathcott M.J. The influence of man and climate on frequency of fire in the interior wet belt forest, British Columbia // J. Ecol. 1990. V. 78. № 2. P. 403–412.
32. Diem A. Clearcutting in British Columbia // Ecologist. 1992. V. 22. № 6. P. 261–266.
33. Flannigan M.D., Van Wagner E.E. Climate change and wildfire in Canada // Can. J. Forest Res. 1991. V. 21. № 1. P. 66–72.
34. Corbel J. L'erosion terrestre, etude quantitative (Methodes, Techniques, Resultats) // Ann. geogr. 1964. V. 73. № 398. P. 385–412.
35. Historical sediment date summary. Canadian rivers // IUSQU'A'1976. Ottawa: 1978. 113 p.

36. *Carlyle W.* Farm population in the Canadian Parkland // *Geogr. Rev.* 1989. V. 79. № 1. P. 13–35.
37. *James D., Komer D.J.* Rainforests and the hamburger society // *Ecologist.* 1987. V. 17. № 4–5. P. 161–167.
38. *Сухих В.И., Березин В.И.* Проблема лесного хозяйства и роль дистанционных методов при изучении лесов Перу и Коста-Рики // *Лесное хоз-во.* 1989. № 10. С. 54–58.
39. *De Camio R.* Impacts of agricultural and forest policies on watershed manglement: a case study from Costa Rica // 19th World Congr. "Sci. Forest: IUFRO's 2nd Century" (Montreal, 1990. 5–11 Aug.) / Int. Union Forest Res. Organization. Montreal: 1990. V. 4. P. 179.
40. *Vargas A.B., Soborio Trejos V.F.* Changes in the general circulation and its influence on precipitation trends in Central America: Costa Rica // *AMBIO.* 1994. V. 23. № 1. P. 87–90.
41. *Kunick W.* Waldverlust und Waldwirtschaft in Nicaragua // *Garten und Landschaft.* 1989. V. 99. № 5. P. 37–42.
42. *Šišak L.* Lesnictvi v Mexiku // *Lesn. pr.* 1987. V. 66. № 8. P. 365–373.
43. *Colchester M.* Guatemala: the clamour for land and the fate of the forests // *Ecologist.* 1991. V. 21. № 4. P. 177–185.
44. *Frenette M., Souriac J.-C., Tournier J.-P.* Modelisation de l'alluvionnement de la retenue de Peliger, Haiti // 14th Int. Congr. Large Dams (Rio de Janeiro, 1982. 3–7 May). Paris. 1982. V. 3. P. 93–115.
45. *Sagawe Th.* Deforestation and the behaviour of households in the Dominica Republic // *Geography.* 1991. V. 76. № 4. P. 304–314.
46. *Tam S.W.* Causes of environmental degradations in eastern Barbados since colonization // *Agr. and Environ.* 1981. V. 5. № 4. P. 285–308.
47. *Ega T.-L.* Te se bwa, bwa se dlo se lavi // *Combat nature.* 1988. V. 80. P. 50–51.
48. *Thiebaut L.* Environment of agriculture on Cuba // *SRETIE Info.* 1989. P. 26–27.

Казанский государственный университет

Поступила в редакцию
19.11.2001

TRENDS IN EROSION RATES AND SUSPENDED SEDIMENT YIELD IN NORTH AMERICA DURING THE SECOND HALF OF THE XX CENTURY

A.V. GUSAROV

S u m m a r y

Long-term series of suspended sediment yield measurements at different gauging-stations of North America, added by analysis of literature, were used for determining the erosion trends during the second half of the XX century. Dynamic of human activities (deforestation, scarifying, changes of sowing structure, erosion control measures, water storage construction) is shown to be the main factor of erosion changes. The impact of human induced processes in different places manifests whether in the erosion acceleration and suspended sediment yield growth, or in their decrease. The changes in sediment discharge and erosion rates due to climatic changes were traced.