

А. Сидорчук



Московский университет

## **Сток наносов и эрозия в Новой Зеландии.**

### **Введение.**

Точность оценок глобальной денудации и стока наносов (Дедков, Можжерин, 1984) во многом зависит от детальности региональных исследований. В последнее время стала выясняться большая роль островов Тихоокеанского пояса в глобальном балансе наносов (Milliman, 1997). Формирование стока наносов на островах Новой Зеландии во многом типично для умеренной и субтропической зон Тихоокеанского пояса, а сравнительно хорошая изученность позволяет дать его качественную и количественную характеристику.

### **Условия для формирования стока наносов в результате процессов эрозии в Новой Зеландии.**

Несмотря на небольшую площадь (114700 км<sup>2</sup> занимает Северный остров и 152700 км<sup>2</sup> – Южный) разнообразие природных условий в Новой Зеландии очень высокое. Это обусловлено горным и холмистым рельефом, протяженностью островов с севера на юг более чем на 1000 км. В результате на перпендикулярных трассам пассатов западных склонах Южных Альп за год выпадает до 9000-10000 мм осадков, а в орографической тени на равнинах востока Южного острова – лишь 400-600 мм. На Северном острове в горах и на холмах Восточного полуострова в зоне влияния тропических циклонов выпадает более 6000 мм осадков, а на равнинах – до 800 мм. Еще больше разнообразие эрозионного индекса дождя Универсального уравнения почвенной эрозии (USLE): R изменяется от 20 до 92000 МДж\*мм/(м<sup>2</sup>\*час). В среднем за год выпадает 1840 мм осадков (среднее R=3500), это создает условия для формирования высокой влажности почв и значительного поверхностного стока. Так, в бассейне р. Ваипоа (Восточный полуостров Северного острова) в 1988 г. годовой слой осадков варьировал по площади от 1000 до 2500 мм, а рассчитанный слой стока воды на склонах – от 600 до 1700 мм.

Строение поверхностных пород также предельно разнообразно: насчитывается 65 литологических комплексов: от предельно устойчивых изверженных с сопротивлением сдвигу до 250 МПа до рыхлых осадочных со связностью 25 КПа и менее. В горах слой выветрелых пород и почва обычно маломощные, на равнинах наблюдаются мощности осадочных толщ до нескольких десятков метров. Основная природная почвенная формация Северного острова – бурые лесные почвы различных разновидностей на

осадочных породах и желто-бурые (часто аллофановые) на вулканических. На Южном острове преобладают горные бурые лесные почвы в Южных Альпах и на среднегорье, и бурые почвы на равнинах. Вдоль западного склона Альп и в горах Нельсона широко распространены мощные хорошо промытые подзолистые почвы. После выжигания леса и замены местных видов трав на более продуктивные европейские виды, а также масштабного удобрения и известкования почв, на большой территории на основе природных почв сформировались искусственные богатые гумусом луговые почвы. Эрозионная устойчивость почв К (в терминах USLE) изменяется от 0.005 до 0.06 т/га на ед. R при средних значениях  $K=0.027$  для Северного острова и  $K=0.029$  для Южного. Растительность Северного острова до появления человека была в основном лесной, только на центральном вулканическом плато преобладали высокие степи со своеобразной кочкарной травой. С появлением полинезийцев-маори около 800 лет назад локально леса начали выжигаться и сменялись зарослями кустарников. При заселении острова европейцами с середины 19 века леса выжигались и вырубались повсеместно и замещались пастбищами. На Южном острове в естественных условиях вечнозеленые леса росли по склонам Южных Альп, а восточные взгорья и равнины были покрыты травянистой степной растительностью. И полинезийцы, и европейцы осваивали более равнинные территории, так что тип растительности на Южном острове изменился не столь значительно. Эрозионные процессы под лесом при прочих равных менее активны, чем под кустарником и под травянистым покровом (противоэрозионный индекс растительности USLE в Новой Зеландии для леса равен 0.0 - 0.0001, для кустарника – 0.001-0.005, и для травянистой растительности 0.005-0.01 ед. R).

### **Типология, распространение и интенсивность эрозионных процессов**

Классификация эрозионно-денудационных процессов в Новой Зеландии была разработана для их картографирования при составлении национального кадастра земель по категориям землепользования, которое проходило в 70-80-е годы (Eyles, 1985). Для каждого выдела (более 64000 полигонов) фиксировались преобладающий и вторичные типы эрозионных процессов и их интенсивность (в первую очередь, выраженность в рельефе и растительном покрове) по 5 балльной шкале. В дальнейшем каждой такой интенсивности была поставлена в соответствие доля площади, пораженной данным процессом, и мощность грунта, охваченного процессом, что дало нам возможность составить следующую таблицу.

**Таблица. Типы и выраженность эрозионно-денудационных процессов в Новой**

**Зеландии.** Заголовки: 1- площадь, пораженная процессами, км<sup>2</sup>; 2 - % от общей пораженной площади; 3- % от площади острова; 4 – объем деятельного слоя, млн. м<sup>3</sup>.

Процессы: D – сели; E - долинный крип; Ss - неглубокие (мощностью <1 м) оползни; Sl - глубокие оползни; G - овраги; SW - водная и ветровая эрозия на склонах; Sc - осыпи

	Северный остров				Южный остров			
	1	2	3	4	1	2	3	4
D	266.88	8.08	0.23	400.32	537.73	3.03	0.36	806.59
E	552.58	16.7	0.49	1168.43	7.08	0.04	0.005	15.77
Ss	577.10	17.48	0.51	562.96	868.72	4.9	0.6	935.45
Sl	51.46	1.56	0.045	159.86	19.88	0.11	0.013	49.13
G	120.41	3.65	0.11	29.22	161.33	0.91	0.11	68.5
SW	3020.339	40.3	1.17	117.04	10683.25	50.29	5.9	183.26
Sc	401.74	12.17	0.35	80.6889	7228.68	40.72	4.8	322.931

Эрозионно-денудационные процессы разной интенсивности и типов поражают около 12% площади Новой Зеландии, охватывая деятельный слой объемом около 5.8 км<sup>3</sup>. Некоторые из этих процессов с большим объемом деятельного слоя, такие как долинный крип, характеризуются малыми скоростями (не более нескольких см/год) и их вклад в общую денудацию невелик. Другие, как неглубокие оползни, характеризуются широким распространением, значительным объемом деятельного слоя и достаточно высокой частотой проявления (раз в 5-10 лет в зависимости от литологии и режима осадков). Однако перемещаемый ими материал в основном остается на склонах и у их подножий, редко попадает непосредственно в водотоки. Наконец такие процессы, как склоновый смыв и линейная эрозия, при достаточно большом объеме деятельного слоя, проявляются во время каждого дождя и образуют хорошо сопряженную сеть временных водотоков. Нами была проведена оценка среднегодового смыва со склонов на территории Новой Зеландии (рис .1) на основании Универсального уравнения почвенного смыва (USLE). Она дает только относительное распределение смыва со склонов по территории, так как USLE для условий Новой Зеландии не калибровалось. Расчеты показали предельно большую вариабельность величин эрозии от близких к нулю значений на равнинах и в лесах, до 100 т/га и более в горах. Продукты смыва и размыва не задерживаются на склонах и быстро поступают в ручьи и реки, образуя основную массу взвешенных наносов.



Рис.1. Распределение эрозионного смыва со склонов по территории Новой Зеландии (рассчитано с помощью Универсального уравнения почвенного смыва).

### **Сток взвешенных наносов с территории Новой Зеландии.**

Измерения стока взвешенных наносов в Новой Зеландии проводятся с 1960 –х годов одновременно с измерением расходов воды по определенному графику. До последнего времени мутность воды в промежутках между измерениями расходов не определялась. В середине 90-х были начаты экспериментальные работы по детальному измерению мутности воды в реках с помощью мутномеров с дискретностью измерений 15 минут, однако до сих пор эти работы не вышли из стадии экспериментов. Так что основная масса данных о мутности воды представляет собой нерегулярно распределенные во времени измерения, более частые для периодов низкой воды и более редкие для паводков. Такие данные имеются для примерно 300 постов, достаточно равномерно распределенных по территории. Количество измерений мутности на посту варьирует от десятка до нескольких сотен. Но даже для постов с большим количеством наблюдений имеется значительная область максимальных расходов воды, где наблюдения за мутностью просто отсутствуют. Это создает серьезные проблемы при интерпретации данных измерений и значительный разброс в оценках стока наносов.

Сток наносов в территории Новой Зеландии оценивался неоднократно. Первая оценка для нескольких речных бассейнов была дана Томпсоном и Адамсом (Tompson, Adams, 1979, Adams, 1979). Расчет проводился по зависимостям между концентрацией взвешенных наносов и расходом воды, причем поле измеренных значений описывалось кривой, проведенной от руки. Расчеты для всей территории Новой Зеландии были проведены Гриффитсом (Griffiths, 1981, 1982). Он также использовал зависимости между концентрацией взвешенных наносов и расходом воды, эти зависимости были найдены методом наименьших квадратов в области измеренных значений мутности и экстраполировались в область неизмеренных значений. Несколько оценок стока взвешенных наносов выполнено М. Хиксом (Hicks *et al*, 1996, 2002). Этот исследователь также использовал зависимости между концентрацией взвешенных наносов и расходом воды, найденные методом наименьших квадратов в области измеренных значений мутности, однако для области неизмеренных значений обычно применялись максимальные измеренные значения. Поэтому оценки Хикса более консервативны: если Гриффитс полагает сток взвешенных наносов с территории Новой Зеландии равным 378 млн. т/год (102 млн. т/год с Северного острова и 276 млн. т/год с Южного острова), то Хикс приводит цифру 209 млн. т/год (118 млн. т/год с Северного острова и 91 млн. т/год с Южного острова).

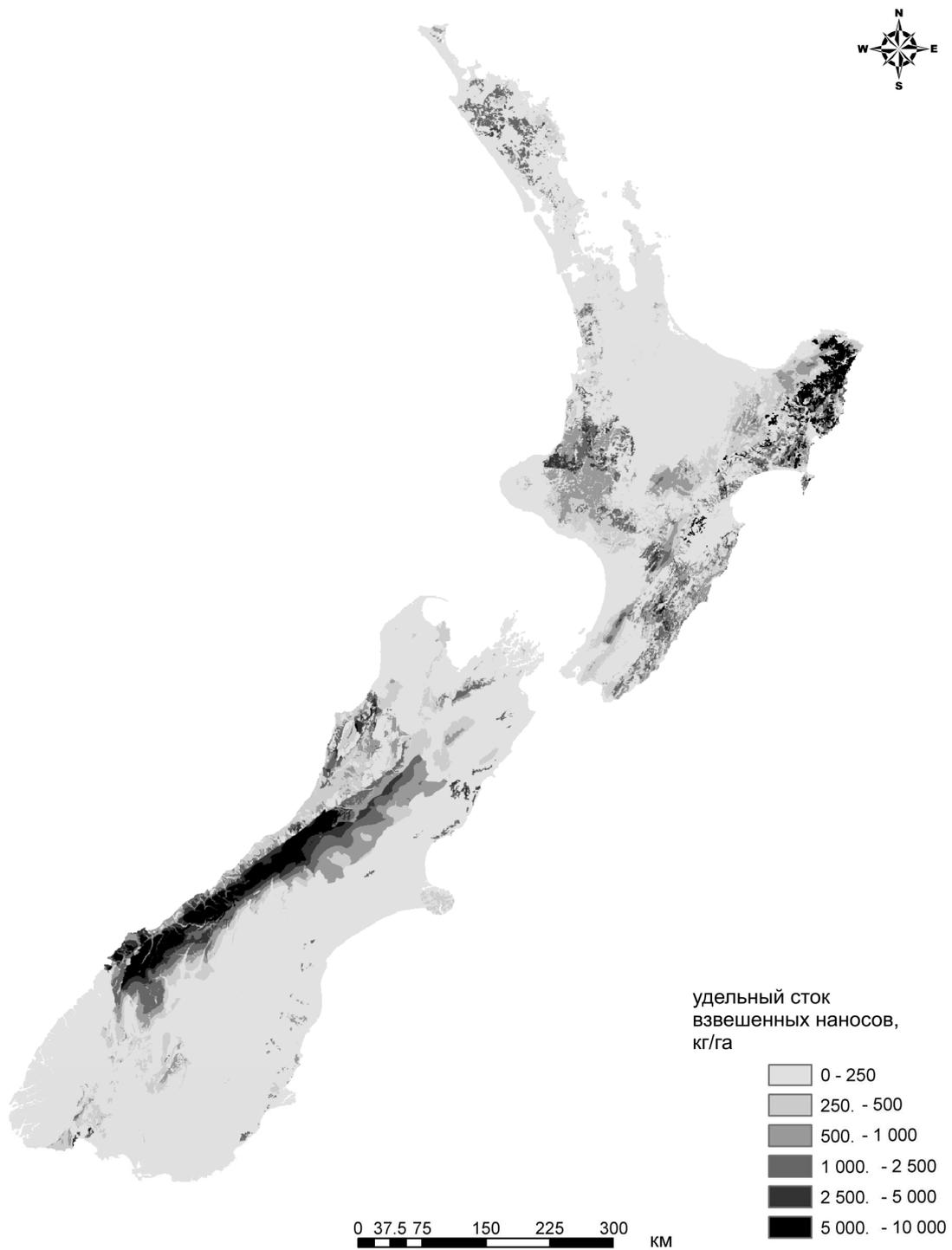


Рис. 2. Распределение удельного расхода взвешенных наносов по территории Новой Зеландии по данным Хикса (Hicks D.M. <http://www.niwasience.co.nz/ncwr/tools#ssy>)

Карты темпов смыва со склонов (Рис.1) и удельного стока взвешенных наносов (Рис.2) имеют большое сходство, хотя в основу их построения положены разные методы. Причиной являются высокие значения коэффициента доставки наносов для эрозионных ландшафтов Новой Зеландии. Хикс и Девиес (Hicks, Davies, 2000) показали на основе измерений стока наносов на 204 постах, что на реках Новой Зеландии 84% взвешенных наносов проходит в русле при расходах воды меньше среднегодового максимума. Более подробными исследованиями для 5 крупных рек установлено, что 90% наносов проносится при расходах воды обеспеченностью менее чем раз в 4.2-13 лет. Это приводит к тому, что наиболее эффективные (руслоформирующие в отечественной терминологии) расходы воды намного меньше среднегодового максимума и проходят в основном в пределах русла реки. Подобный режим стока наносов приводит к относительно малой аккумуляции наносов на пойме – не более 5% стока взвешенных наносов (хотя абсолютные значения могут быть значительны) и к практически полному выносу поступающих со склонов взвешенных наносов из речных русел в океан (Gomez et al., 1999).

В среднем за многолетие с территории Новой Зеландии в океан поступает около 200 млн. т взвешенных наносов в год. Это около 1-1.5% глобального стока наносов с территории, которая составляет лишь 0.18 % всей суши. Рельеф, климат, разнообразие процессов и хозяйственная деятельность человека приводят к тому, что сток наносов с территории Новой Зеландии в 8 раз интенсивнее, чем среднеглобальный.

### **Литература.**

Дедков А.П., Мозжерин В.И. Эрозия и сток наносов на Земле. Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 1984. 264 с.

Adams J. 1979. Sediment loads of North Island rivers, New Zealand – a reconnaissance. *Journal of Hydrology, New Zealand* 18, 1, 36-48

Eyles, G.O. 1985. The New Zealand Land Resource Inventory Erosion Classification. *Water and Soil Miscellaneous Publication No. 85*. 61 pp.

Gomez B., Eden D.N., Hicks D.M., Trustrum N.A., Peacock D.H., Wilmshurst J. 1999. Contribution of floodplain sequestration to the sediment budget of the Waipoa River, New Zealand. In: *Floodplains: Interdisciplinary Approaches*. Alexander J., Marriott S.B, Hey R. (eds). *Geol. Soc. Lond. Spec. Publ.* 163, pp. 69-88.

Griffiths G.A. 1981. Some suspended sediment yields from South Island catchments, New Zealand. *Wat. Resour. Bull.* 17, 662-671

- Griffiths G.A. 1982. Spatial and temporal variability in suspended sediment yields of North Island basins, New Zealand. *Wat. Resour. Bull.* 18, 575-583
- Hicks D.M., Jane Hill and Ude Shankar. 1996. Variation of suspended yields around New Zealand: the relative importance of rainfall and geology. IAHS Publication No. 236, *Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives*: p.149-156.
- Hicks D.M., Davies T. 2000. Erosion and sedimentation in extreme events. In: M.P. Mosley, C.P. Pearson (eds). *Floods and Droughts: the New Zealand experience*. NZHS, pp.117-141.
- Hicks D.M. 2002. *Suspended-Sediment Yield Map*.  
<http://www.niwascience.co.nz/ncwr/tools#ssy>
- Milliman J.D. 1997. Fluvial discharge to the sea and the importance of regional tectonics. In: Ruddiman W.F. (Ed.) *Tectonic Uplift and Climate Change*. Plenum Press, New York, pp.240-257
- Thompson S.M., Adams J. 1979. Suspended load in some major rivers of New Zealand. In: Murray D.L. and Ackroyd P. (eds) *Physical Hydrology –New Zealand experience*. NZHS, 213-229