

Причины расхождений в оценке степени подверженности пахотных земель процессам эрозии по геоморфологическим районам становятся понятными в связи с различным методическим подходом, а также в связи с различными количественными показателями ведущих факторов эрозии, приведенных в таблице. И хотя мы сознаем определенную условность в оценке степени подверженности пашни процессам эрозии, связанную с использованием усредненных показателей, мы полагаем, что изложенный нами методический подход позволяет дать более объективную сравнительную оценку, основанную на комплексном учете основных факторов эрозии в едином интегральном показателе — величине поверхностного смыва почв со склонов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Косцова Э. В., Семенов О. П., Хруцкий С. В. Районирование территории Центрально-черноземных областей по строению пахотных склонов в целях их мелиорации. — Геоморфология, 1982, № 2, с. 43.
2. Иванов В. Д. Метод расчета интенсивности поверхностного смыва с пахотных склонов в ЦЧО. — Геоморфология, 1980, № 4, с. 61.
3. Марковский В. И., Косцова Э. В., Хруцкий С. В. Пахотные склоны ЦЧЗ и их характеристика для целей землеустройства. — Науч. тр. Воронежского СХИ, 1982, т. 117, с. 48.
4. Рязанцев В. К. Методика расчета весеннего поверхностного стока с малых водосборов ЦЧО. — Науч. тр. Воронежского СХИ, 1981, т. 115, с. 140.
5. Адерихин П. Г., Тихова Е. П. Агрохимическая характеристика почв Центрально-Черноземной полосы. — В кн.: Агрохимическая характеристика почв СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1963, с. 5.

Воронежский сельскохозяйственный институт

Поступила в редакцию
16.II.1983

SOIL EROSION AT ARABLE SLOPES AT DIFFERENT GEOMORPHOLOGICAL REGIONS WITHIN CENTRAL NON-CHERNOZEMIC PROVINCES

IVANOV V. D.

Summary

All the principal factors of erosion being taken into consideration, a quantitative estimate of arable lands erodibility has been calculated for geomorphic regions of the Central Chernozemic provinces. The order of erosion preventive measures is determined after the calculated index of erosion hazard.

УДК 551.4.013 : 551.24

КЛЕНОВ В. И.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕКТОНИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ РЕЧНЫХ ТЕРРАС

Изучение деформаций террас горных рек находит практическое применение при анализе тектонической активности горных территорий, особенно в связи с оценкой сейсмичности [1]. Установление соответствия между строением террасовых комплексов и пространственно-временным режимом тектонических движений встречает определенные трудности. Прежде всего механизм террасообразования связан с процессами разрушения более древних уровней. Возникающая при этом неполнота террасового ряда и фрагментарность террасовых уровней в речных долинах ограничивают возможности прослеживания одновозрастных террас и измерения величины их деформаций [2, 3]. Во-вторых, до настоящего времени мало изучены соотношения между высотой речных террас и соответствующей величиной тектонических движений. Например, высота террас в пределах однородных неотектонических структур зависит от

размеров рек, пересекающих эти структуры. Несоответствие величины поднятий и высоты террас связано с явлениями запаздывания регрессивной эрозии. Наконец, деформации террас могут иметь и нетектоническое происхождение.

Сложность и неоднозначность реакции речных долин на тектонические движения обусловлены тем, что речная долина представляет собой систему. Применение системного подхода к изучению речных долин позволило установить, что последние обладают такими свойствами, как запаздывание реакций на внешние воздействия, избирательность реакций на воздействия различной частоты, возникновение автоколебаний [4—6].

Тектоническое воздействие на каком-либо участке речной долины сказывается на развитии всей долины. При этом соотношения между высотой террас и величиной тектонических движений зависят как от характера этих движений, так и от того, на каком участке долины они проявляются. Таким образом, изучение тектонических деформаций речных террас требует анализа реакций речной долины на различные типы тектонических движений.

Один из путей решения поставленной задачи лежит в использовании методов математического моделирования. Эти методы должны учитывать как основные факторы террасообразования и развития долин, так и отношения между этими факторами. Разработка и реализация на ЭВМ модели развития речной долины основана на использовании разработанных ранее методов статистического моделирования террасовых комплексов [3], а также методов автоматического регулирования. Речная долина представляется как серия подсистем, находящихся во взаимодействии друг с другом. Роль такой подсистемы играет модель развития поперечного профиля долины. Врезание или аккумуляция на каждом участке зависят от баланса наносов. Транспортирующая способность потока (D) определяется выражением: $D = A \cdot I^B \cdot Q^C$, где I — уклон русла, Q — водность, A , B , C — коэффициенты. Это уравнение в общем соответствует зависимости твердого стока от уклона и руслоформирующих расходов [7]. Временной режим изменения водности имитируется стационарной случайной последовательностью, генерируемой на ЭВМ. Пространственное изменение водности и скорости тектонических поднятий во всех участках речной долины, т. е. на всех подсистемах, задается табличными функциями. В модели учитываются также длина и крутизна склонов долины, положение водоразделов.

С другой стороны, имеется ряд ограничений: крутизна склонов и базис эрозии принимаются постоянными, не учитывается влияние притоков и изменение прочности пород. Тем не менее ожидается, что развитие модели во многом аналогично развитию реальной речной долины, хотя упомянутые ограничения уменьшают диапазон внешних воздействий и реакций на них.

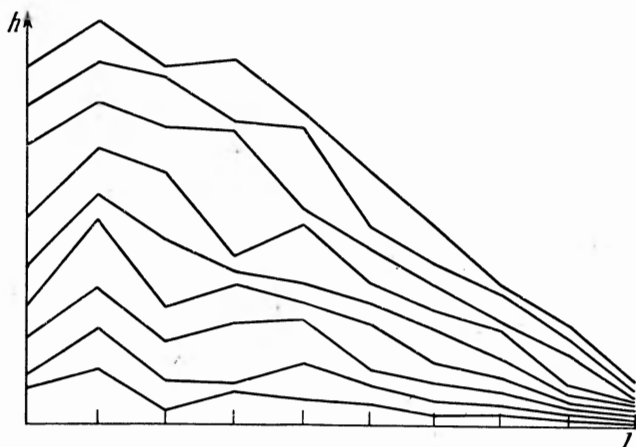
Рассмотрим влияние некоторых типов движений на деформации террас. «Фоновым» тектоническим воздействием на речную долину принимается поднятие, скорость которого линейно увеличивается от устья к верховьям. Исходное состояние модели — горизонтальная плоскость с указанной на ней линией водораздела. В условиях фоновых поднятий исследовано несколько типов тектонических воздействий: временный перерыв или полная остановка поднятия; постоянное или импульсное поднятие блока, локализованного в среднем течении реки; постоянное или импульсное поднятие блока, занимающего верхнюю часть долины.

Моделирование на ЭВМ показывает, что фоновое тектоническое поднятие приводит к формированию террасовых уровней хордового типа (Рисунок). Кроме того, отмечаются более частые флуктуации высот отдельных уровней. Локальные деформации террас, непосредственно не связанные ни с дифференцированными движениями, ни с изменением прочности пород, объясняются возникновением автоколебаний. Большая часть террас при врезании реки уничтожается, происходит непрерывное обновление террасового комплекса. Наличие хордовых террас — явление, обычное для речных долин [8]. Непараллельность террасовых уров-

ней при отсутствии локальных тектонических деформаций выявлена также методами экспериментальной геоморфологии [9].

Как показывает моделирование, кратковременная остановка поднятия практически не находит отражения в свойствах террасовых спектров. Моделировалась также ситуация полной остановки поднятия после достаточно длительных фоновых движений. При этом наблюдается замедленная реакция долины на изменение внешних условий. Лишь по истечении достаточно длительного времени начинают уменьшаться интервалы высот между соседними уровнями, продолжается формирование так называемых гистерезиальных террас [8]. Замедленная реакция

Деформации продольных профилей речных террас в условиях «фоновых» тектонических поднятий. h — относительные высоты террас, l — номера поперечных профилей речной долины



имеет место при условии отставания темпов врезания от темпов тектонического поднятия. Это отставание как бы накапливается и создает условия для длительного врезания реки после полного прекращения поднятия.

Продолжительное поднятие тектонического блока, расположенного в среднем течении реки, вызывает характерные деформации продольных профилей речных террас. Наряду с ожидаемым воздыманием террас на участке поднятия, непосредственно выше и ниже по течению образуются участки локального понижения уровней, сопровождающиеся аккумуляцией, а также резким увеличением ширины дна. Импульсное поднятие такого же блока приводит к немедленной деформации продольного профиля террас, довольно быстро затухающей на соседних уровнях врезания. Эти деформации как бы накладываются на общий хордовый рисунок террас.

При поднятии блока, приуроченного к верхнему течению, ниже по течению также наблюдается локальное понижение уровней, которое сопровождается аккумуляцией и значительным расширением дна долины. Блоковый импульс вызывает аналогичную реакцию долины с той особенностью, что она имеет длительное последствие.

Полученные путем моделирования результаты реакции речных террас на дифференцированные движения требуют тщательной проверки на фактических материалах. В частности, можно предположить, что локальные деформации террас, наблюдающиеся в долине р. Каркары при выходе последней за пределы хр. Терсей-Алатау, [10] связаны с блоковыми движениями по зоне разлома, ограничивающей хребет.

Можно связывать участки локальных понижений террас, совпадающие с расширением долины и значительной аккумуляцией, с межгорными впадинами. Эти впадины не следует считать тектоническими, поскольку они не обусловлены локальными опусканиями. С другой стороны, методами моделирования можно изучить реакции речной долины на опускающиеся тектонические блоки, а также в целом на более сложные пространственно-временные дифференцированные движения земной коры.

Эти результаты моделирования процессов развития речной долины в условиях тектонических поднятий получены фактически при одном наборе параметров и только для частных типов воздействий. Следует ожидать, что частичное снятие введенных ограничений, моделирование более сложных ситуаций позволит получить новые данные по влиянию движений земной коры на развитие речной долины.

Задача обнаружения участков активных тектонических движений осложняется тем, что большая часть террас, формирующихся в процессе врезания реки, в дальнейшем разрушается. Интерпретация сохранившихся террасовых уровней при игнорировании закономерностей реакций речных долин на внешние воздействия может привести к ошибкам в оценке тектонической активности горных территорий, в оценке их сейсмичности.

Результаты моделирования дают основания полагать, что речная долина обладает неодинаковой чувствительностью к разным типам движений. С одной стороны, имеет место слабая и замедленная реакция на кратковременные или даже длительные остановки общего поднятия территории. При этом происходит формирование гистерезисальных террас хордового типа. С другой стороны, выявляется немедленная реакция долины и ее террас на дифференцированные движения, зависящая от приуроченности этих движений к различным участкам долины. Тектонические деформации речных террас не носят характер простых смещений, они сказываются на строении прилегающих участков речных долин.

Не всегда деформации террас вызываются тектоническими движениями; они могут быть обусловлены закономерностями саморазвития речных долин.

ЛИТЕРАТУРА

1. Крестников В. Н., Белоусов Т. П., Ермилин В. И., Чигарев Н. В., Штанге Д. В. Четвертичная тектоника Памира и Тянь-Шаня. М.: Наука, 1979, 116 с.
2. Кленов В. И. Некоторые закономерности формирования террасовых рядов. — Вестник МГУ, сер. 5. География, 1980, № 4, с. 53.
3. Кленов В. И. Статистические модели продольных профилей речных террас. — Вестник МГУ, сер. 5. География, 1981, № 3, с. 71.
4. Арманд А. Д. Обратная связь и саморазвитие рельефа. — В кн.: Вопросы географии. М.: Географгиз, 1963, сб. 63, с. 49.
5. Симонов Ю. Г. Анализ геоморфологических систем. — В кн.: Актуальные проблемы теоретической и прикладной геоморфологии. М.: Мысль, 1976, с. 69.
6. Арманд А. Д. Нивальные кары и реки как саморазвивающиеся системы. — Геоморфология, 1980, № 2, с. 3.
7. Маккавеев Н. И. Русло реки и эрозия в ее бассейне. М.: Изд-во АН СССР, 1955, 348 с.
8. Маккавеев Н. И. Сток и русловые процессы. М.: Изд-во МГУ, 1971, 114 с.
9. Маккавеев Н. И., Хмелева Н. В., Зайтов И. Р., Лебедева Н. В. Экспериментальная геоморфология. М.: Изд-во МГУ, 1961, 194 с.
10. Белоусов Т. П., Чигарев Н. В. Транзитные реки и неотектонические движения горных областей (на примере р. Чарын). — Вестник МГУ, сер. 5. География, 1970, № 5, с. 69.

Московский государственный университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
18.XI.1981

MATHEMATICAL MODELS OF RIVER TERRACES DEFORMATIONS DUE TO TECTONICS

KLENOV V. I.

Summary

Computer modelling permits to study river terraces response on different types of tectonic movements. If the rate of uplift increases upstream, the resulting terraces are of chord type; altitudes of synchronous terraces fluctuate due to self-oscillation. The river's response to differentiated uplifts is pronounced not only within the raised area, but in the adjacent parts of the valley as well. Besides, all the responses of the valley and its terraces to the tectonics have prolonged aftereffects. Deformations of terrace series bring about destruction of most of earlier levels.