

## Водосборный бассейн как геосистемная основа изучения миграционно-вещественных потоков

А. Ф. ПУТИЛИН, А. М. ШКАРУБА

*Институт почвоведения и агрохимии СО РАН  
630099, Новосибирск, ул. Советская, 18  
E-mail: putilin@issa.nsc.ru*

### АННОТАЦИЯ

Показано, что изучение миграционно-вещественных потоков необходимо проводить в пределах водосборных бассейнов. Выделение и определение различных морфометрических показателей водосборов стало возможным с применением ГИС-технологий и созданием цифровой модели рельефа.

**Ключевые слова:** водосборный бассейн, миграционно-вещественные потоки, цифровая модель рельефа, уклоны, поверхность.

Развитие рельефа, почвенного и растительного покрова и всего живого биологического вещества происходит по определенным законам функционирования систем. Современный облик рельефа и структура почвенно-растительного покрова сформировались в начале голоцена. Дальнейшие изменения носили эволюционный и стабилизационный характер, о чем свидетельствует полный профиль почвенной толщи в естественных, не затронутых человеком, ландшафтах.

Большинство эволюционных изменений, происходящих как в рельефе, так и в почвенно-растительном покрове, находится в сложной системной связи и взаимодействии различных компонентов природы. Поэтому изучение функциональных взаимосвязей различных компонентов природы необходимо проводить в рамках природных геосистем, объединенных системообразующими потоками влаги, тепла, растворенных элементов и твердого вещества.

Такой природной геосистемой является водосборный бассейн водного источника, в котором различные по площади и порядку водосборы находятся в четкой иерархической соподчиненности, обусловленной историей геологического развития рельефа под воздействием различных экзогенных сил, в первую очередь водных потоков. Земная поверхность представлена в основном сложной мозаикой из таких бассейнов.

Анализ водосборных бассейнов речных систем позволил установить ряд закономерностей, которые повторяются на всей территории земной поверхности. Р. Е. Хортоном [1] разработана классификация водосборных бассейнов, построенная на принципе от частного к общему, т. е. наименьший (элементарный) водосборный бассейн обозначается первым порядком, слияние двух водосборов первого порядка образует водосбор второго порядка, а третий порядок возникает при слиянии двух водосборов второго порядка. Впадение в водосбор большего порядка водосбора меньшего порядка не изменяет порядок основного водосборного бассейна.

---

Путилин Александр Федорович  
Шкаруба Аркадий Михайлович

Важной особенностью водосборного бассейна является его гидрологическая характеристика, позволяющая на основании поступивших осадков и их расхода в замыкающем створе составлять водный баланс и моделировать пространственную увлажненность всей поверхности водосбора.

Водосбор имеет довольно четкие естественные границы – водоразделы и внутреннюю функционально-целостную замкнутость миграционных потоков поверхностного и внутрипочвенного стока вод, а также миграцию растворенных веществ и твердого вещества почв, вынос которых осуществляется через замыкающий створ водосбора.

Широкомасштабное антропогенное вмешательство, в первую очередь сельскохозяйственное, вызвало нарушение устойчивого динамического равновесия в сторону увеличения интенсивности процессов поверхностного стока вод, смыва, транспортировки и отложения твердой фазы почв и растворенных веществ. Эти явления имеют в основном негативный, а иногда и катастрофический характер. Только из-за процессов водной эрозии ежегодно безвозвратно теряются тысячи гектаров пашни.

В настоящее время стоит задача пространственного изучения почвенного и растительного покрова на конкретном рельефе, их взаимосвязи и взаимообусловленности с миграционными потоками. Наиболее оптимальной природной геосистемой для этих целей является водосборный речной бассейн.

Известно, что почвенный покров находится в тесной зависимости от характеристик поверхностных и внутрипочвенных вещественных потоков, перемещение которых контролируется уклонами земной поверхности. В зависимости от скорости движения вещественных потоков формируются элювиальные, трансэлювиальные, трансаккумулятивные и аккумулятивные ландшафты со своими почвенными ареалами и растительными сообществами. И. Н. Росновский показал, что катены однотипного геолого-геоморфологического строения в условиях водно-теплового режима имеют соответствующую почвенно-растительную структуру [2]. В связи с этим весьма важными являются обоснованное установление почвенно-геоморфологических выделов (элементарных поверх-

ностей) и их характеристика – водного баланса, увлажненности, уклонов поверхностей и др. показателей. Однако для определения этих показателей необходимо точное выделение и определение элементарных поверхностей и их пространственного местоположения в пределах водосбора.

Методика выделения морфологически однородных (элементарных) поверхностей – граней земной поверхности – наиболее полно и тщательно разработана А.Н. Ласточкиным [3], который осуществил систематизацию элементов земной поверхности, включая линейные элементы-ребра (водоразделы, тальвеги и другие линейные элементы рельефа), и разработал систему точечных элементов (вершин).

Положение площадных элементов относительно ограничивающих их структурных линий и важнейших характерных точек позволяет определить и выделить, систематизировать и оконтурить площадные элементы, имеющие однотипные по направленности и интенсивности миграционные потоки. Установлено, что водосборы высоких порядков состоят из элементарных поверхностей и водосборов низших порядков, которые имеют строгую иерархическую соподчиненность, обусловленную их естественным происхождением. Такое соответствие иерархических уровней почвенного покрова и рельефа отмечено Ф. М. Фридландом в концепции структуры почвенного покрова [4]. Следует отметить, что однородные геоморфологические элементарные поверхности и соответствующие им элементарные почвенные ареалы в пределах площади водосборных бассейнов составляют более крупные ареалы (зоны) земной поверхности, которые переходят с одного водосбора на другой, образуя сложную мозаичную картину. Выделение подобных ареалов на крупномасштабных картах является наиболее сложной и ответственной задачей.

И. Н. Степанов впервые отобразил почвенные ареалы в виде потоковых структур, взаимосвязанных с геоморфологией территории (метод пластики рельефа), состоящих из двух планов – переднего (выпуклости – повышения) и заднего (вогнутости – долины, образующие подложку, фон), разделенных линией нулевой кривизны – морфоизографой

[5]. Метод пластики рельефа явился существенным продвижением вперед в выделении почвенных ареалов на фоне “лоскутного почвоведения”. Практическое применение этого метода нашло отражение при составлении почвенных крупно- и среднемасштабных карт на основе пластики рельефа. По мнению автора, морфоизограф может быть как линией, так и полосой на крупномасштабных почвенных картах. Однако эта проблема осталась нереализованной.

Решение ее стало возможным в настоящее время с появлением ГИС-технологий путем создания цифровой модели рельефа (ЦМР), с последующим выделением водосборных бассейнов разного порядка. Площади водосборов разделяются по углам наклона поверхности на несколько пространственных ареалов (полос-ступеней), которым соответствуют элювиальные, трансэлювиальные и трансаккумулятивные ландшафты.

Формирование ландшафтов обусловлено влиянием физико-географических и гидрогеологических условий, свойств почвообразующих пород, типов растительности и антропогенеза. В качестве главного фактора современного преобразования почвенного покрова выступает поверхностный сток. Скорость и объем поверхностного стока, его эродирующая способность зависят от уклона и длины поверхности склона, т. е. строения рельефа данной территории.

Длительная антропогенная нагрузка на ландшафты, в особенности широкомасштабная распашка земель, вызвала интенсивное развитие эрозионных процессов и деградацию почв. Степень смытости почв и уклон распашанных склонов имеют прямую корреляционную зависимость. Так, на выпуклых склонах при уклоне до  $1^\circ$  расположены несмытые почвы, в пределах уклона  $1-3^\circ$  – слабосмытые с пятнами несмытых почв, а при  $3-6^\circ$  – средне- и сильносмытые почвы. Более крутые склоны с естественной растительностью, не затронутые деятельностью человека, не подвержены эрозионному разрушению. На более пологих нижних частях крутых склонов, днищ долин рек происходит аккумуляция большей части смытого материала и за счет этих процессов формируются ареалы намывных почв.

Выделенные конкретные элементарные площади с одинаковыми уклонами образуют полосы почвенных ареалов (части водосборов), которые можно описать математическими методами. В основе моделирования лежит зависимость скорости движения поверхностного стока от уклона поверхности и его размывающая способность. Данные модели являются базовыми при создании моделей миграции вещественных и водных потоков на всей площади водосбора.

Дискретные элементарные поверхности в совокупности составляют все многообразие рельефа водосборного бассейна, при этом объединяющими факторами являются миграционно-вещественные потоки. Как рельеф, так и потоки являются взаимосвязанными и взаимообусловленными естественными системами, которые в процессе развития преобразуют друг друга.

Анализ движения в водосборном бассейне миграционно-вещественных потоков от линии водораздела до тальвега позволяет наглядно представить динамику почвенно-эрозионных процессов и моделировать данные процессы на водосборах любого порядка. С помощью такой модели можно как рассчитать и определить современное почвенно-эрозионное состояние поверхности водосбора, так и прогнозировать его развитие при различном сельскохозяйственном использовании.

Создание и построение на основе ГИС-технологий серии электронных карт: почвенного покрова, уклонов поверхности, степени деградации почв, использования сельскохозяйственных угодий, гидрогеологической, модулей поверхностного стока, величины поверхностного смыва почв, мощности гумусового горизонта и других электронных слоев – позволит визуально оценивать современное состояние почвенного покрова в пределах водосборного бассейна, прогнозировать его трансформацию во времени и в пространстве.

Таким образом, полноценное исследование структур почвенного покрова и эрозионных процессов возможно лишь на основе системного подхода и изучения миграционно-вещественных потоков на водосборном бассейне с применением ГИС-технологий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хортон Р. Е. Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 158 с.
2. Росновский И. Н. Системный анализ и математическое моделирование процессов в почвах. Томск: Изд-во ТГУ, 2007. 311 с.
3. Ласточкин А. Н. Морфодинамический анализ. Л.: Недра, 1987. 256 с.
4. Фридланд Ф. М. Структура почвенного покрова. М.: Мысль, 1984. 235 с.
5. Степанов И. Н. Методическое руководство по составлению карт пластики рельефа (детальных, крупно- и среднемасштабных). Фрунзе, 1985. 23 с.

## Catchment Basin as the Geosystemic Basis for the Investigation of Material Migration Fluxes

A. F. PUTILIN, A. M. SHKARUBA

*Institute of Soil Science and Agrochemistry SB RAS  
630099, Novosibirsk, Sovetskaya str., 18  
E-mail: putilin@ issa.nsc.ru*

It is demonstrated that it is necessary to perform the investigation of material migration fluxes within the boundaries of catchment basins. Allocation and determination of different morphometric characteristics of watersheds became possible with the use of GIS technologies and the construction of the digital model of the relief.

**Key words:** catchment area, material migration fluxes, digital relief model, inclines, surface.