

УДК 551.4.01

© 2010 г. Э.А. ЛИХАЧЁВА, А.Н. МАККАВЕЕВ, Г.П. ЛОКШИН

ФИЗИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИХ ГРАНИЦ¹

Одной из главных задач физической географии считается изучение естественных границ природных объектов с целью определения их характера и особенностей формирования. Проблема географических границ – проблема перехода количественных изменений в географической оболочке в изменения качественные [1, 2]. В Географическом энциклопедическом словаре дается следующее определение: “Географические границы – это линии или переходные полосы, разделяющие смежные пространственные (географические) образования, которые различаются между собой хотя бы одним существенным признаком”. Там же указывается, что по форме границы могут быть резкими или нерезкими (обычно представляют собой переходную полосу), а по степени наблюдаемости – четко обозначенные на местности или расчетные, в том числе статистические (интерполируемые по данным точек наблюдения). “Границы могут не препятствовать взаимосвязям между образованиями, которые они разделяют (*границы контакта*), или создавать такое препятствие (*барьерные* – труднопреодолимые естественные преграды)” [3, с. 80].

По мнению Н.И. Михайлова, “Под естественной границей при физико-географическом районировании следует понимать линию, по которой происходит качественная смена структуры двух соседних физико-географических комплексов. Эти границы объективно существуют в природе, но проявляются по-разному, что связано с различиями структуры комплексов, интенсивности процессов их развития и определенной стадией формирования” [1, с. 19].

Похожий смысл вкладывается в определения геологических границ, хотя и выраженные несколько иными словами. Например, геологические границы определяются как поверхности, при переходе через которые терпят разрыв непрерывности некоторые свойства из определенной конечной совокупности или производные от этих свойств, притом одни и те же во всех точках этой поверхности, и вдоль которой они же остаются непрерывными, по крайней мере, с одной стороны [4].

Проблема выявления границ в географии неотделима от проблемы выявления связей (контактов) между различными по количественным и качественным признакам географическими образованиями, поскольку *граница*, в конечном результате, – это *изменение характера связей*.

Проблема границ в геоморфологии

В геоморфологии проблема границ является одной из наиболее острых, хотя и достаточно старых. Эта проблема возникает в трех случаях:

- а) при геоморфологическом картографировании,
- б) при геоморфологическом районировании,

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 07-05-00163).

в) при математическом моделировании, которое опирается на численные характеристики внешних и внутренних признаков геоморфологических (пространственных) образований.

Геоморфологические образования выявляются по внешним (очертания, форма, размеры) и внутренним признакам (литология, прочность, плотность и др. свойства слагающих их отложений). Анализ этих признаков позволяет установить возраст и происхождение геоморфологических образований, а нередко и границы между ними [1, 2, 5–7 и др.].

В природе далеко не всегда можно однозначно определить границы той или иной системы. Как отмечал Д.Л. Арманд, схемы, пригодной на все случаи жизни, разработать нельзя, хотя бы потому, что “Границы природных комплексов постоянно изменяются, виды материи и энергии, их слагающие, переходят из одной материальной системы в другую”. И “Наиболее резкие изменения компонентов ландшафта не совпадают друг с другом вследствие того, что природные связи носят не функциональный, а корреляционный характер” [8, с. 268]. Одной из основных причин сложности определения границ является отсутствие четких классификаций геоморфологических объектов по одному или группе свойств, определяющих их целостное единство. Чаще всего границы проводят по внешним признакам, при этом стараются, чтобы внутри контура сохранялось морфологическое единство (целостность), отражающее генетический тип системы и характерные для нее признаки [9, 10].

При делении территории на водосборные бассейны водораздельные пространства (возвышенности, горы и т. п.) оказываются искусственно разделенными. Поэтому при выделении геоморфологических систем надо исходить из принципа целесообразности для выбранной конкретной цели, как это имеет место в других разделах физической географии [8 и др.].

Работы по геоморфологическому районированию базируются обычно на анализе как морфологии, так и происхождения геоморфологических комплексов, выделяемых на основании трех контролирующих факторов: структура, процесс и стадия [11]. Сложнее обстоит дело со специальным (целевым) районированием – инженерно-геоморфологическим, эколого-геоморфологическим, микросейсмическим и др., которое проводится на основании разработанных (расчетных) критериев и на основании выявленных связей морфологических (внешних) и морфолитологических (внутренних) свойств и признаков рельефа. В этих случаях оценивается влияние комплекса геоморфологических признаков на инженерные, экологические, сейсмологические и другие условия среды. Эти границы – продукт научного обобщения, однако они “...отражают переход природного фактора через то или иное количественное значение” [8, с. 274].

Барьеры и контактные зоны

При проведении границы между районами с различными условиями чаще всего ориентируются на морфологически выраженные в рельефе линии – резкие линейные геоморфологические образования, которые нередко структурно предопределены и совпадают с зонами разломов. Такие границы обычно являются барьерными. Тесная связь их с неотектоникой весьма убедительно установлена работами ряда ученых [11]. Например, при прохождении через них затухают сейсмические волны; чем крупнее зона глубинного разлома, тем меньше сейсмической энергии она пропускает. Подобные границы позволяют выделить также единые по структурно-тектоническим свойствам геоморфологические системы. Однако тектонические зоны можно рассматривать и как контактные, т. к. по ним к поверхности поступают магма, газы, излучения, термальные воды, которые воздействуют на граничащие друг с другом морфолитосистемы [12]. В.А. Боков, Ю.П. Селиверстов и И.Г. Черванев к барьерам относят не только горные системы, но и любые повышения рельефа и даже небольшие перегибы склона, так как они изменяют скорость ветра и обуславливают перераспределение снега и, соответственно, условий стока [12]. По их мнению, барьерные функции выполняют водораздельные линии даже пологих

междуречий, поскольку они вынуждают выпадающие осадки растекаться в разные стороны.

Поскольку “все связано со всем” в этом мире, то контактные границы, не препятствующие взаимосвязям между образованиями, в природе встречаются значительно чаще барьерных. Некоторые геоморфологические границы можно рассматривать как разновидность контактных зон, выделяемых в физической географии. Пространственный уровень этих зон различен – от глобального (океаническое побережье) до локального (берега рек). Наиболее очевидным примером контактных зон можно считать берега самых различных водоемов и водных потоков, где взаимодействуют водные и наземные среды. Другим примером совпадения геоморфологических границ и контактных физико-географических зон являются приледниковые зоны, где взаимодействуют комплексы разнонаправленных экзогенных процессов. В контактных зонах происходит смена величин различных показателей (геофизических, гидрологических и др.) и к ним приурочена подавляющая часть земных процессов и явлений [12].

Границы и связи в водосборном бассейне

Рассмотрим проблему границ и связей на примере системы водосборного бассейна реки – геоморфологического пространственного образования, ограниченного водоразделом, или, другими словами, территории, с которой поверхностные воды стекают в русло водного потока. Водосборная территория бассейна, где сосредоточена основная часть стока, тесно связана с руслом, в котором последний организуется [13].

Формы рельефа в водосборном бассейне могут принадлежать к различным генетическим группам. Так, в долине реки формируется флювиальный рельеф, а в бассейне присутствует, а иногда и доминирует, рельеф гляциального, флювиогляциального, эолового и др. генезиса. Вероятно, исключением являются водосборные бассейны карстовых долин и озер.

Водосборный бассейн может быть подразделен на участки (геоморфологические выделы), различные по генезису, уклону, водопроницаемости, экспозиции и типу склонов, распространению экзогенных процессов и другим характерным внешним и внутренним морфометрическим, морфологическим, морфодинамическим, литологическим, гидрогеологическим, геохимическим и геофизическим признакам. Совокупность этих свойств определяет санитарно-гигиенические, сельскохозяйственные, инженерно-геоморфологические и другие экологические и социальные условия конкретного участка. При районировании часто используются косвенные признаки, указывающие на геохимические и физические свойства морфолитосистемы: биогеографические (характер и тип растительности) и гидробиологические (увлажненность грунтов). Во всех случаях определяются *границные параметры, а значит и связи* между различными частями водосборного бассейна и собственно водным объектом – генетические, динамические и др.

Водосборный бассейн – система, связанная водным потоком, обеспечивающим энергомассоперенос. Но теснота и тип связи между ее элементами далеко не одинаковы, что определяется наличием в бассейне как барьерных, так и контактных границ. Рассмотрим динамические связи, которые отвечают за целостность и устойчивость данной системы и ее функционирование. Это, прежде всего, эрозионно-денудационные процессы, осуществляемые в основном поверхностным и грунтовым стоком, а также силой тяжести.

Как правило, геоморфологические образования, расположенные на разных гипсометрических уровнях, объединены горизонтальным потоком вещества “сверху–вниз”. Контактные и барьерные границы определяют условия распространения потока вещества. Однако динамические связи этим не ограничиваются. Так, естественное снижение базиса эрозии или подрезание склона водным потоком приводят в действие связи “снизу–вверх”. Обрушение склона вызывает ударную волну (сотрясение грунтов), распространение которой способствует разуплотнению водонасыщенных грунтов, что влечет за собой активизацию оползневых и эрозионных процессов [14]. И именно эти процессы (связи)

Связи в водосборном бассейне, определяющие его морфологическую и морфодинамическую организованность

Направленность связи	Тип связи и геоморфологический процесс	Факторы, определяющие процесс
<p>Горизонтальные прямые – “сверху–вниз”:</p> <p>1. по склону (внутри бассейна и по линии водораздела)</p> <p>2. по тальвегу</p>	<p>а) водно-поверхностно-почвенный (поверхностный сток), б) водно-почвенно-эрозионный (линейная эрозия), в) водно-почвенный (солифлюкция), г) гравитационные (оползни, осыпи, дефлюкция)</p> <p>водно-поверхностный физико-химический и механический (русловые процессы)</p>	<p>а) крутизна склона, водопроницаемость грунтов, б) размываемость грунтов, в) водонасыщенность грунтов, глубина оттаивания, г) крутизна склона, литология и водонасыщенность грунтов</p> <p>водность потока, уклон тальвега</p>
<p>Горизонтальные обратные – “снизу–вверх”:</p> <p>3. по склону (внутри бассейна, по линии водораздела и в смежных бассейнах)</p> <p>4. по тальвегу и руслу</p>	<p>а) динамический – выравнивание профиля равновесия склона (отступление и выполаживание склонов), б) абразионный, в) эоловый</p> <p>водно-эрозионный (регрессивная эрозия)</p>	<p>а) крутизна склона, литология, б) то же, в) литология, степень обнаженности поверхности</p> <p>изменение базиса эрозии</p>
<p>Вертикальные прямые и обратные:</p> <p>5. на водораздельных поверхностях (вне зависимости от принадлежности к какому-либо бассейну)</p> <p>6. на плоских участках террасовых уровней реки, в которую входит данный водосборный бассейн</p>	<p>а) водно-грунтовый: 1) выветривание, 2) карст, 3) суффозия, 4) просадки</p> <p>б) почвенно-грунтово-мерзлотный</p> <p>водно-почвенно-грунтовый (изменение уровня грунтовых вод – подтопление, осушение, оглеение почв, заболачивание)</p>	<p>а) водно-грунтовые: 1) комплекс физико-химических процессов; 2) наличие карстующихся пород; 3) литология; 4) уплотнение грунта</p> <p>б) величина (интенсивность) мерзлотных перемещений, определяемая литологией, водонасыщенностью грунтов, комплексом погодноклиматических условий</p> <p>литология, уровень грунтовых вод</p>
<p>Горизонтально-вертикальные – “во все стороны” на любых элементах рельефа (вне зависимости от принадлежности к какому-либо бассейну)</p>	<p>а) динамический (сейсмическое воздействие, вибрация), б) эоловый, в) биогенный</p>	<p>а) проводимость грунтов, б) литология и степень закрытости поверхности в) условия среды обитания биоты</p>

часто определяют перестройку геоморфологической системы, которая может носить катастрофический характер.

При динамическом воздействии изменяется геометрическая форма склона, нарушается его устойчивость. При этом в грунтах происходит изменение их геофизических свойств, в частности, условий проводимости и, вероятно, особенностей функционирования и характера динамических связей.

Изменение особенностей функционирования связей может быть вызвано антропогенной деятельностью. Антропогенное, в частности, вибрационное воздействие может изменить направленность динамических процессов и связей в бассейне. Это воздействие вне зависимости от положения в рельефе распространяется от точки (линии) воздействия во все стороны (вверх и вниз по склону, а также в стороны), обеспечивая, в том числе, и вертикальные связи (в глубину – в грунт). Скорость и дальность распространения зависят от условий проводимости грунтов, которая определяется водным и температурным режимами и геохимическим состоянием последних. Таким образом, в бассейне существуют и многосторонние контактные связи [15, 16]. Совокупность связей в водосборном бассейне определяет его морфологическую и морфодинамическую организованность как геоморфологической системы (таблица).

Главная организующая систему граница в водосборных бассейнах – это линия водораздела, которая может быть определена как *ограничительная и дивергентная* (от лат. *divergere* – обнаруживать расхождение). Она является местом расхождения стоковых и водных миграционных потоков в соседние водосборные бассейны. В большинстве случаев граница имеет непрерывный характер и может быть определена на местности по взаимосвязанным положительным формам рельефа.

Граница может быть как “общей” для нескольких водосборных бассейнов и принадлежать на равных правах соседствующим бассейнам как элемент системы, так и “индивидуальной”, принадлежащей только данному бассейну [10]. Помимо ограничительных функций она выполняет функции контакта взаимодействующих систем.

По степени “барьерности” линия водораздела неоднородна. На ее протяжении можно выделить участки как минимум четырех типов *границно-барьерных* условий (рисунок):

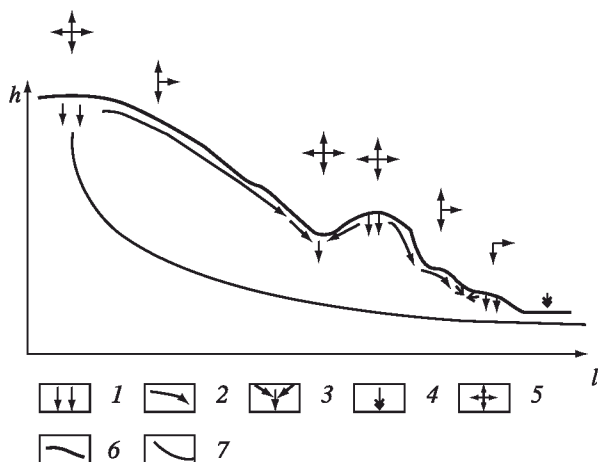
- 1) вершинные (собственно водораздельные) участки, особенно четко выраженные в горах, где они проходят по их гребням,
- 2) склоновые (транзитные) участки, которые могут быть весьма разнообразны по степени контактности из-за различной крутизны и типа склоновых процессов,
- 3) седловинные по линии водораздела (трансфлювиальные): одна из разновидностей таких участков – слабоврезанные верховья рек, откуда водотоки растекаются в различных направлениях, начинаясь иногда из одного болота или озера,
- 4) водораздельные пространства (контактно-транзитные).

Для границ водосборов характерно разнообразие первых трех типов граничных условий. Участки четвертого типа появляются у малых рек чаще всего в замыкающей части створа, где река выходит на плоскую равнину, на которой направление стока может быть переменным из-за влияния “принимающей” реки большего порядка.

Наиболее сложные связи возникают на участках третьего (седловины) и четвертого типов границ, где осуществляется связь между соседними бассейнами. Именно здесь возникают перехваты. Граница на этих участках наиболее динамичная, иногда меняющаяся за довольно небольшие промежутки времени, например, за сезон. Здесь ее можно считать “переходной полосой или зоной”. В целом, граница водосборного бассейна весьма устойчивый элемент системы.

Приводораздельные поверхности двух или более смежных бассейнов нередко являются едиными по морфолитологическим, морфоструктурным, а также, геохимическим и геофизическим свойствам, что определяет и связи между соседствующими водосборными бассейнами – как литогенетические, геохимические, геофизические, так и многосторонние.

Морфология водосборного бассейна подчинена функционированию водного объекта, который, в свою очередь, тоже выполняет функции контакта и барьера. Тальвег, русло



Типы граничных условий водосборного бассейна
Граничные условия: 1 – вершинные, 2 – склоновые (транзитные), 3 – седловинные, 4 – водораздельные пространства (контактно-транзитные); 5 – направления потоков вещества и связей; *продольные профили:* 6 – водораздела, 7 – тальвега водного потока

разного типа. При этом одни и те же формы рельефа выполняют разные функции, в зависимости от того, к какой ГМС мы их относим. Так приводораздельные поверхности (положительные формы рельефа) служат и динамически устойчивым ядром морфоструктур и в то же время определяют направление потоков в разные водосборные бассейны. По ним проходят дивергентные границы. Долинный комплекс является кумулятивным и наиболее динамичным элементом водосборного бассейна и, одновременно, может быть структурно-активным ограничителем (границей) морфоструктуры.

Состоянием литогенной основы и процессами, в ней происходящими, определяются многие особенности геоморфологической системы водосборного бассейна.

Морфолитосистемы, как правило, не только пространственные, но и временные структуры. Их формирование определяется процессами сноса-аккумуляции на более ранних, предшествующих современному морфологическому строению стадиях развития. Они представляют собой “остатки” кумулятивных зон и частично – элементы современных морфосистем. Обычно границы их определяются прегибами склонов, бровками, то есть являются контактными и не несут функции системно-ограничительной. Иногда они совпадают с зонами аккумуляции, и тогда их можно считать унаследованно развивающимися.

Выводы

Морфологические и морфодинамические связи в водосборном бассейне определяют не только организованность системы водосборного бассейна, но и характеризуют взаимодействие этой ГМС с сопряженными системами (морфолитосистемами и морфоструктурами).

Геоморфологические границы в целом делятся на две большие группы:

1) “положительно-отрицательные”, выделенные (проведенные) по положительным формам и элементам рельефа и являющиеся по сути своей *дивергентными*;

2) “отрицательно-положительные (собираемые)”, проведенные по отрицательным элементам и формам рельефа, являющиеся по своей сути *кумулятивными*.

И те, и другие границы могут быть и барьерными и контактными *по отношению к определенному типу связей*, так что степень контактности и барьерности геоморфологических границ весьма условна. При этом границы – это определенные элементы и формы

и долина представляют собой *кумулятивные* (собираемые, от лат. *cutulo* – собираю в кучу, накапливаю) и *ограничительно-контактные* границы и, как правило, являются линейными структурно предопределенными геоморфологическими образованиями. Кумулятивные границы тоже могут быть подразделены на несколько типов по соотношению процессов денудации (эрозии), аккумуляции и транзита.

Следует напомнить, что морфологическая система “водосборного бассейна”, как правило, наложена на другие геоморфологические системы, в частности морфолитологические и морфоструктурные [9, 10] и поэтому на одном “поле”, в едином пространстве функционируют ГМС

рельефа. В данном случае уместно вспомнить определение В.А. Бокова и Н.Г. Черванева, что рельеф является информационно-управленческим (по отношению к потокам вещества и энергии) компонентом геосферы [17]. Следовательно, *все* формы рельефа выполняют какие-либо внутрисистемные функции (морфолитологические, морфогенетические и др.).

Границы представляют собой как элементы внутренней структуры геоморфологических систем, так и внешнего контакта или взаимодействия с соседними системами. Главный *диагностический признак* геоморфологических границ – их морфологическая определенность, свидетельствующая о двойственных морфодинамических функциях данных элементов и форм рельефа – организации потоков вещества и энергии в конкретном геоморфологическом пространственном образовании и обеспечении пространственной целостности данного образования (т. к. они являются элементами его структуры), что, собственно, и позволяет рассматривать это пространственное образование как геоморфологическую систему. *При этом дивергентные границы, как правило, пассивно устойчивые, а кумулятивные – условно активные.*

Геоморфологическая система – равновесная структура – закономерное, согласованное сочетание элементов, выражающееся в определенном пространственном строении – морфологической структуре [18]. Системы, наиболее динамично изменяющиеся внутри самих себя (хорошим примером являются водосборные бассейны), имеют дивергентные границы. Для систем, сохраняющих внутреннюю устойчивость и активных в пограничных зонах (например, морфоструктур), характерны кумулятивные границы

Изменение особенностей функционирования существующих, установившихся связей, может быть вызвано нарушением или “ломкой” границ как внутри системы, так и между ними. И, наоборот, – в процессе функционирования системы и взаимодействия систем разного типа стираются, нарушаются и появляются новые границы. Мощным фактором, воздействующим на рельеф, является антропогенная деятельность, нередко не только разрушающая связи и границы, но и создающая новые.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михайлов Н.И. Физико-географическое районирование. М.: Изд-во МГУ, 1971. Ч. 1. 87 с.
2. Михайлов Н.И. Физико-географическое районирование и физическая география Сибири // Докл. по опублик. работам, представленным на соиск. уч. степени докт. геогр. наук. М.: Изд-во МГУ, 1963. Ч. 1. 86 с.
3. Географический энциклопедический словарь. Понятия и термины / А.Ф. Трешников. М.: Сов. энциклопедия, 1988. 432 с.
4. Геологические тела (терминологический справочник) / Ю.А. Косыгин, В.А. Кулындьшев, В.А. Соловьев. М.: Недра, 1986. 334 с.
5. Бобра Т.В. Ландшафтные границы: выявление, анализ, картографирование. Симферополь: Изд-во ТаврГУ, 2005. 168 с.
6. Викторов А.С. Рисунок ландшафта. М.: Мысль, 1968. 179 с.
7. Викторов А.С. Основные проблемы математической морфологии ландшафта. М.: Наука, 2006. 252 с.
8. Арманд Д.Л. Происхождение и типы природных границ // Изв. ВГО. 1955. Т. 87. Вып. 3. С. 266–278.
9. Лихачёва Э.А., Тимофеев Д.А. Анализ геоморфологических систем: основные понятия // Геоморфология. 2008. № 2. С. 14–21.
10. Лихачёва Э.А., Тимофеев Д.А. К иерархии геоморфологических систем с позиций их организованности // Геоморфология. 2007. № 4. С. 3–8.
11. Тимофеев Д.А., Уфимцев Г.Ф., Онухов Ф.С. Терминология общей геоморфологии. М.: Наука, 1977. 200 с.
12. Боков В.А., Селиверстов Ю.П., Черванев И.Г. Общее землеведение. СПб: Изд-во СПбГУ, 1998. 268 с.
13. Алексеевский Н.И. Формирование и движение речных наносов. М.: Изд-во МГУ, 1998. 203 с.

14. Шейдеггер А.Е. Физические аспекты природных катастроф. М.: Недра, 1981. 232 с.
15. Глазовская М.А. Геохимические основы типологии и методики исследований природных ландшафтов. Смоленск: Ойкумена, 2002. 288 с.
16. Город–экосистема / Лихачёва Э.А., Тимофеев Д.А. М.: Медиа–Пресс, 1997. 336 с.
17. Боков В.А., Черванев И.Г. Развитие представлений о саморегулировании и самоорганизации рельефа // Самоорганизация и динамика геоморфосистем. Томск: Изд. Ин-та оптики атмосферы СО РАН, 2003. С. 14–18.
18. Ласточкин А.Н. Место морфологии в науке о рельефе // Морфология рельефа. М.: Науч. мир, 2004. С. 47–65.

Ин-т географии РАН

Поступила в редакцию
23.06.2009

PHYSICAL NATURE OF GEOMORPHOLOGIC BOUNDARIES

E.A. LIKHACHEVA, A.N. MAKKAVEEV, G.P. LOKSHIN

Summary

The boundaries between landforms or relief types can be divided into two large groups: divergent, lined along the positive landforms, and cumulative, lined along the negative landforms. We study as an example a catchment basin – system, of which unity and stability depend on the dynamic bonds – erosion-denudation processes in the first place. Geomorphologic elements of catchment basin are connected “downhill” by surface flow. The bonds “uphill” are put into motion by lowering of the base level or undercutting the slope by water flow. The boundary of the system “catchment basin” is the watershed along which the four types of boundaries can be distinguished: apical (watersheds properly) pronounced mostly as the edges of the mountains, slope ones (transit), saddle ones (transfluvial) and watershed areas with ambiguous line of drainage divide.

УДК 551.435.1

© 2010 г. В.П. БОНДАРЕВ

ИЕРАРХИЧНОСТЬ МАЛЫХ ВОДОСБОРНЫХ БАССЕЙНОВ¹

Введение

Малый водосборный бассейн – отрицательная форма рельефа, представляющая собой первые четыре – шесть порядков гидросети, включая русловую сеть и прилегающие к ней водосборные площади. Самые первые порядки в этом случае представлены лоцинно-потяжинной, овражно-балочной, ложково-распадковой сетью, а далее часто переходят в бассейны малых рек. Это сложная геоморфологическая система, в которой основным системообразующим фактором является работа текущих поверхностных вод.

При этом обращает на себя внимание то, что элементами малого водосборного бассейна являются и микроручейковая сеть, и балка. Обе сформированы русловым потоком, но имеют различные размеры и отличаются различными характерными возрастными формами: балка, как более крупная форма, имеет и существенно больший возраст. Важно отметить и то, что процесс образования упомянутых форм рельефа во многом имеет различный

¹ Работа выполнена по гранту Президента РФ для поддержки ведущих научных школ (проект НШ-790.2008.5).