

УДК 551.4.012

П. С. ЛАПИН

СОВРЕМЕННЫЙ МОРФОГЕНЕЗ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРЕДАЛТАЙСКОЙ РАВНИНЫ

Проведен совместный анализ основной морфологической триады водораздел–склон–днище долины и показателя общего эрозионно-денудационного расчленения. Обнаружены изменения ведущего и морфогенетических рядов, позволившие установить проявление геологических процессов и наметить тенденции морфогенетического развития рельефа земной поверхности Предалтайской равнины. Полученные результаты детализируют наши представления об эволюции рельефа этого региона и позволяют выявить районы, наиболее благоприятные в нефтегазоносном отношении.

Ключевые слова: *морфогенетический ряд, ведущий морфогенетический ряд, морфогенез.*

© 2009 Лапин П. С. (LapinPS@ipgg.ncs.ru)

A combined analysis is made of the main morphological triad: watershed—slope—valley bottom, and of the index of total erosion—denudation dissection. The analysis revealed changes of the leading and morphogenetic sequences making it possible to ascertain the manifestation of geological processes and reveal the tendencies of morphogenetic development of the relief of terrestrial surface of the Pre-Altai Plain. The results obtained in this study provide further insights into the evolution of this region's relief and are instrumental in identifying the most favorable areas as regards oil and gas fields.

Keywords: *morphogenetic sequence, leading morphogenetic sequence, morphogenesis.*

ВВЕДЕНИЕ

Анализ взаимодействия процессов морфогенеза — одна из наиболее интересных и еще недостаточно изученных областей геоморфологии [1–3], поскольку она направлена на изучение механизма развития, определяющего динамическое состояние территориальных геоморфологических целостностей. Настоящая работа выполнена в рамках выдвинутого Н. А. Флоренсовым учения о геоморфологических формациях и литодинамических потоках [4]. Это направление превратилось в один из ведущих теоретико-методических инструментов геоморфологического анализа и синтеза.

Ряд теоретических исследований [5, 6] позволил существенно расширить наши представления о возможности применения в геоморфологии морфологических и морфометрических методов, в первую очередь о выявлении морфогенетических особенностей развития земной поверхности, поскольку их оценка на основе анализа современных процессов играет роль связующего звена между ландшафтоведением и геоморфологией. Ю. Г. Симонов и А. И. Спиридонов отмечали, что в геометрии форм рельефа любого ранга хранится огромный объем генетической информации, и можно только приветствовать развитие генетической морфологии и морфометрии [7].

Основная цель исследования — осуществить в пределах Алтайского края морфогенетическое районирование земной поверхности и на его основании выделить реликтовые области по отношению к проявлению современных геологических процессов. Для достижения поставленной цели в процессе работы получила дальнейшее развитие разработанная нами ранее методика [8]. В пределах района выделяется ведущий процесс, который раскрывает как дистантные, так и координатные связи в проявлении современного морфогенеза земной поверхности. Одна из практических задач его изучения в пределах Алтайского края связана с региональным прогнозом перспектив нефтегазоносности, в настоящее время еще недостаточно изученной.

М. К. Коровин наиболее перспективными районами считал участки Бийско-Барнаульской и Кулундинской впадин [9]. А. М. Матвиевская и Е. Ф. Иванова [10], разделяя точку зрения М. К. Коровина, полагали, что перспективными должны быть краевые прогибы и, вероятно, те области основного прогиба геосинклинальной системы, которые характеризуются ослабленной дислоцированностью и пониженным метаморфизмом пород. На основании проведенных в 1950-е гг. исследований Алтайский край считался в плане нефтегазоносности бесперспективным районом. В последние годы интерпретация вновь появившегося материала [11] позволила довольно высоко оценить перспективы изучаемой территории.

В представленной работе морфогенетические особенности развития земной поверхности выявлены на основе построения ее структурно-функциональной модели, которая раскрывает проявление ведущих геологических процессов. Для обнаружения закономерностей строения и развития современного рельефа рассматривались процессы рельефо- и осадкообразования в их неразрывном единстве. С этой целью совместно анализировались изменения основной морфологической триады водораздел—склон—днище долины и общего показателя эрозионно-денудационного расчленения. В отличие от общепринятого подхода [12] нами предложен метод вычисления значения общего показателя по трем морфометрическим (густота, глубина эрозионного расчленения и максимальный угол наклона склона). Реализация данного подхода позволяет выделить на земной поверхности ведущие среди рельефообразующих процессов и наметить пути решения вопроса о функционировании как существенном свойстве развития.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ

Методика морфогенетического районирования земной поверхности, направленная на раскрытие механизма ее развития и основанная на исследовании поверхностных геологических процессов, опубликована ранее [8]. Для ее создания привлекались методы дискретной математики и элементы теории графов, позволившие осуществить анализ и синтез объекта исследования.

Формализованное описание эрозионно-денудационного расчленения земной поверхности и элементов основной морфологической триады опирается на совокупность морфологических типов (морфотипов). В нашем случае морфотип — это комплексная характеристика представительного участка исследуемой территории, учитывающая густоту, глубину эрозионного расчленения и максимальные углы наклона склонов в их отношении к типичным для данной территории показателям.

Представительный участок — площадь, в пределах которой выделяются три элемента основной морфологической триады и определяются параметры густоты и глубины эрозионного расчленения и максимальный угол наклона. Исследуемая территория разбивается на серию представительных участков (квадратов) с морфологическими элементами, которые характеризуются набором морфометрических показателей.

Вводится комплексный параметр, характеризующий синхронные изменения между элементами триады и показателем общего эрозионно-денудационного расчленения, что упрощает как выделение ключевых признаков, так и определение ведущего современного геологического процесса, ведущего и морфогенетических рядов.

Комплексная характеристика представительного участка отражает: наличие элементов основной морфологической триады, которые оцениваются введением трех морфометрических показателей; общий параметр эрозионно-денудационного расчленения; современные геологические процессы, соответствующие определенному соотношению элементов триады; географические свойства, связанные с общими морфогенетическими особенностями развития территории.

В пределах исследуемого региона выделено 2 293 представительных участка. Для разделения заданного множества объектов на однородные группы применялся кластерный анализ, поскольку почти полностью отсутствует информация о соотношении изменения морфологических элементов и процессов, а получаемая о нем точечная информация с большой осторожностью может быть использована в соседних водосборных бассейнах [13].

Анализ выбранных значений показателей осуществлен с привлечением процедуры трехзначного кодирования по типичности [8], которую рационально применять в тех случаях, когда фактический материал дает картину, напоминающую унимодальное распределение. В результате каждый представительный участок описывается морфотипом с соответствующим трехзначным кодом. Например, у участка с кодом морфотипа 110 значения густоты (первая цифра) и глубины (вторая цифра) эрозионного расчленения типичны, а угол наклона (третья цифра) меньше типичного. Эти градации также задаются для оценки изменений комплексного показателя.

В табл. 1 приведены часто встречающиеся морфотипы и их геологическая интерпретация. Выбор процедуры трехзначного кодирования направлен на выделение типичной составляющей объекта исследования, которая характеризует область неустойчивого равновесия морфологической структуры и современного геологического процесса.

В результате исследований представительные участки объединены в 23 морфотипа с определенными соотношениями значений комплексной характеристики. В морфотипе фиксируется конкретное состояние рельефа на той или иной стадии его развития. Следует отметить, что выделение морфотипов с кодом, состоящим из трех чисел, — заранее предусмотренная процедура. Действительно, процесс моделирования состоит из трех основных частей: выбор свойства, характеризующего одну из сторон объекта исследования; представление выбранного свойства набором элементов или параметров; задание модели, позволяющей проследить изменения исследуемого свойства.

Таблица 1

Морфотипы и их геологическая интерпретация

Соотношение эндогенных и экзогенных процессов	Морфотип	Рельеф в развитии	
		нисходящем (аккумуляция вуализует тектонические движения)	восходящем (аккумуляция почти отсутствует)
Активные тектонические движения, опережающие речную эрозию	122	Останцы	Гольцы, скальные выходы
	212	Мелкоблочный	То же
	022	Молодой столовый	Крупноблочный
	112	Активизирующийся (подновленный)	Расчлененный крупноблочный
	012	Активизированный столовый	Активизированный крупноблочный
Замедленные тектонические движения и усиление речной эрозии	211	Сопочный, сильно расчлененный	Скальный, сильно расчлененный
	201	Сопочный, с узкими молодыми долинами	Скальный с узкими молодыми долинами
	210	Сопочный, с широкими старыми долинами	Скальный с широкими старыми долинами
Тектоническое затишье с развитием речной эрозии и аккумуляции	011	Старый столовый	Молодой крупноблочный
	111	Старый активизированный	Расчлененный молодой
	101	Сглаженный активизированный	Зарождающийся с промоинами
	110	Расчлененный с широкими долинами	Активизированный с широкими долинами
	100	Старый выровненный	Молодое поднятие

Поскольку показатель эрозионно-денудационного расчленения характеризует общий объем снежного материала с определенной части рельефа, то его можно записать следующим образом: $v = a \times b \times c$, где v — объем материала; a , b и c — параметры. Как отмечалось ранее, традиционно объем вычисляется как произведение густоты и глубины эрозионного расчленения при условии, что изменения углов наклона склона происходили линейно по отношению к изменению величины вреза гидросети. Карта изолиний, построенная по данному параметру, позволяет оценить изменения объема по площади, но не дает никакой информации о процессах, его изменяющих. Применение теории графов дает возможность проследить трансформацию объема за счет изменения одного из элементов триады.

Объединим 27 теоретически возможных морфотипов в семь групп: 1 — 022; 2 — 021, 012, 122; 3 — 020, 011, 002, 121, 112, 222; 4 — 010, 001, 111, 120, 102, 221, 212; 5 — 000, 110, 101, 211, 220, 202; 6 — 100, 210, 201; 7 — 200. Каждая группа объединяет, с одной стороны, морфотипы равных изменений значения комплексного показателя, а с другой — морфотипы с различной морфологией и современными процессами. Построенная по данной легенде семицветная карта уже позволяет проследить степень изменения процессов рельефо- и осадкообразования в пределах исследуемой области, но не отражает ведущего процесса, под воздействием которого это происходит. Понятно, что во время развития рельефа один элемент морфологической триады под действием эрозионно-денудационных процессов заменяется на другой, при этом смена не может быть произвольной.

Действительно, изучение структуры внешних и внутренних связей показало, что развитие не хаотично, а определенным образом направлено в интересах сохранения целостности объектов в условиях изменяющейся внешней среды. Эти достигается слаженностью работы всех элементов структуры, когда каждый из них выполняет свои функции в интересах целого. Следовательно, для выделения одного из ведущих процессов нам необходимо фиксировать один показатель и следить за изменениями двух других. В работе рассматриваются две модели проявления ведущих процессов — преобладание склоновых или флювиальных.

В комплексной характеристике морфотипа находится информация как о внутренних, так и внешних факторах, которые влияют на развитие объекта исследования и могут быть учтены путем выделения некоторой их последовательности в ряд. На наш взгляд, морфотипы, отражающие генетический ряд, обязательно будут находиться в отношении сравнительной расчлененности [8]. Привлечение методов теории графов позволило объединить полученные морфотипы и выделить ведущие и морфогенетические ряды, а на их основании — две составные части ведущего современного геологического процесса (табл. 2).

Таблица 2

Морфогенетические ряды районов Алтайского края (равнинная часть)

Преобладающие процессы	Ведущие морфогенетические ряды	Номер района	Морфогенетические ряды		
Склоновые	011-001-000	22	112-111-101-100		
		1	111-101-100		
		4	111-101-100		
		21	111-101-100		
		41	111-101-100		
		2	011-001-000		
		5	011-001-000		
		10	011-001-000		
		20	011-001-000		
		Флювиальные	011-111-211	11	011-111-101
				13	011-111-101-100
14	012-011-111-211				
15	011-111-101-100				
24	012-011-111				
3	011-111-211				
6	011-111-211				
9	011-111-211				
12	011-111-211				
16	011-111-211				
23	011-111-211				
33	011-111-211				
42	011-111-211				

Например, для морфогенетических рядов 111–101–100 и 011–001–100 густота эрозионного расчленения остается постоянной, а трансформации происходят за счет изменения глубины эрозионного расчленения и угла наклона склона. Кроме того, они могут произойти и под воздействием склоновых процессов. Эти ряды схожи между собой по деятельности склоновых процессов, но различны по густоте эрозионного расчленения. Для ряда 022–122–121 при постоянном врезе гидросети относительно водораздела флювиальные процессы приводят к выполаживанию склона.

Ведущий морфогенетический ряд характеризует причинность, изначальную генетическую заданность в развитии объекта исследования. Именно этот ряд упорядочивает представления о пространственно-временных соотношениях объекта исследования. К нему в своем развитии стремится изучаемая территория, а в идеальном случае она может полностью соответствовать ведущему ряду. Вот почему выяснение и объяснение первопричин возникновения рельефа и прослеживание меняющейся во времени роли этих первопричин, определяющих те или иные генетические свойства в ходе эволюции рельефа [14], относят к одной из важнейших задач геоморфологии.

С позиции синергетики, так широко внедряющейся с начала 1900-х гг. в теоретическую геоморфологию, генетические первопричины раскрываются посредством выделения структур-аттракторов, определяющих тенденции процессов в системе [15]. Незначительные трансформации морфологии могут привести к изменениям не только интенсивности, но и направленности процессов. Иногда присутствие в морфогенетическом ряду только одного морфотипа сразу же фиксирует изменение в направленности развития рельефа. Выделяя ведущий ряд, мы одновременно реализуем функциональный подход по отношению к системам, которые входят в исходную в качестве подсистемы.

Морфогенетические ряды позволяют изучать внутренний аспект рассматриваемой модели проявления ведущих процессов (координатные связи системы). Для отдельного района выявляется возможность выделения основного процесса. Район характеризуется только одним, присущим ему, морфогенетическим рядом. А граница района проводится по границам морфотипов, которые на основе анализа их соседства объединены в один морфогенетический ряд с соответствующим ему процессом.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

При исследовании территории Алтайского края наибольшее внимание нами уделено анализу ее равнинной части (см. табл. 2). Выявлено два уровня влияния ведущего современного геологического процесса на представительный участок. В первую очередь по частоте встречаемости морфотипов установлены два ведущих морфогенетических ряда: 011–001–000 и 011–111–211. Каждый из них контролирует определенную часть территории. К первому, характеризующему ее выравнивание за счет преобладания склоновых процессов, относится до 46 % территории, а ко второму, который фиксирует области с параллельным отступанием склона, 20 %. Выполаживание рельефа за счет доминирования склоновых процессов происходит при неизменной густоте эрозионного расчленения, а значения вреза и угла наклона склона меняются. При переходе 011–001 обломочный материал поступает по склону вниз, происходят аккумуляция и уменьшение величины вреза гидросети. Дальнейшее уменьшение углов наклона склона (переход 001–000) приводит к морфотипу 000, который характеризует выположенный рельеф.

Ведущий ряд 011–001–000 контролирует область в северо-западной части, которая вытянута в северо-восточном направлении, а ряд 011–111–211 — область подковообразной формы, расположенную параллельно основным орографическим элементам Алтая и Салаира и свидетельствующую о значительной активности флювиальных процессов (см. рисунок). Поскольку 66 % территории соответствует ведущим морфогенетическим рядам, то можно предположить, что при существующем соотношении эндогенных и экзогенных процессов она находится на достаточно устойчивой стадии развития. Если ведущие морфогенетические ряды характеризуют структуру внешних связей, то внутренние их особенности раскрываются с помощью анализа морфогенетических рядов.

Выделение районов осуществляется на основе анализа соседства морфотипов при условии совпадения их последовательности с определенной моделью проявления ведущего современного геологического процесса. Например, для морфогенетического ряда 121–111–211 характерно преобладание флювиальных процессов, приводящее к уменьшению величины вреза гидросети относительно водораздела. Таким образом, морфогенетический ряд и ведущий процесс указывают на потенциальную возможность перемещения любой материальной точки в пределах контролируемого ими района.

Районы, для которых отмечается совпадение ведущих и морфогенетических рядов, являются реликтами. Наибольшие изменения происходят в районах с морфотипами, значительно отличающимися от морфотипов ведущего ряда. К ним относятся районы 11, 13–15, 22 и 24 (см. рисунок). Районы 14 (012–011–111–211) и 24 (012–011–111) в генетическом отношении близки к ведущему ряду 011–111–211, характеризуют преобладание флювиальных процессов и занимают более 15 % террито-

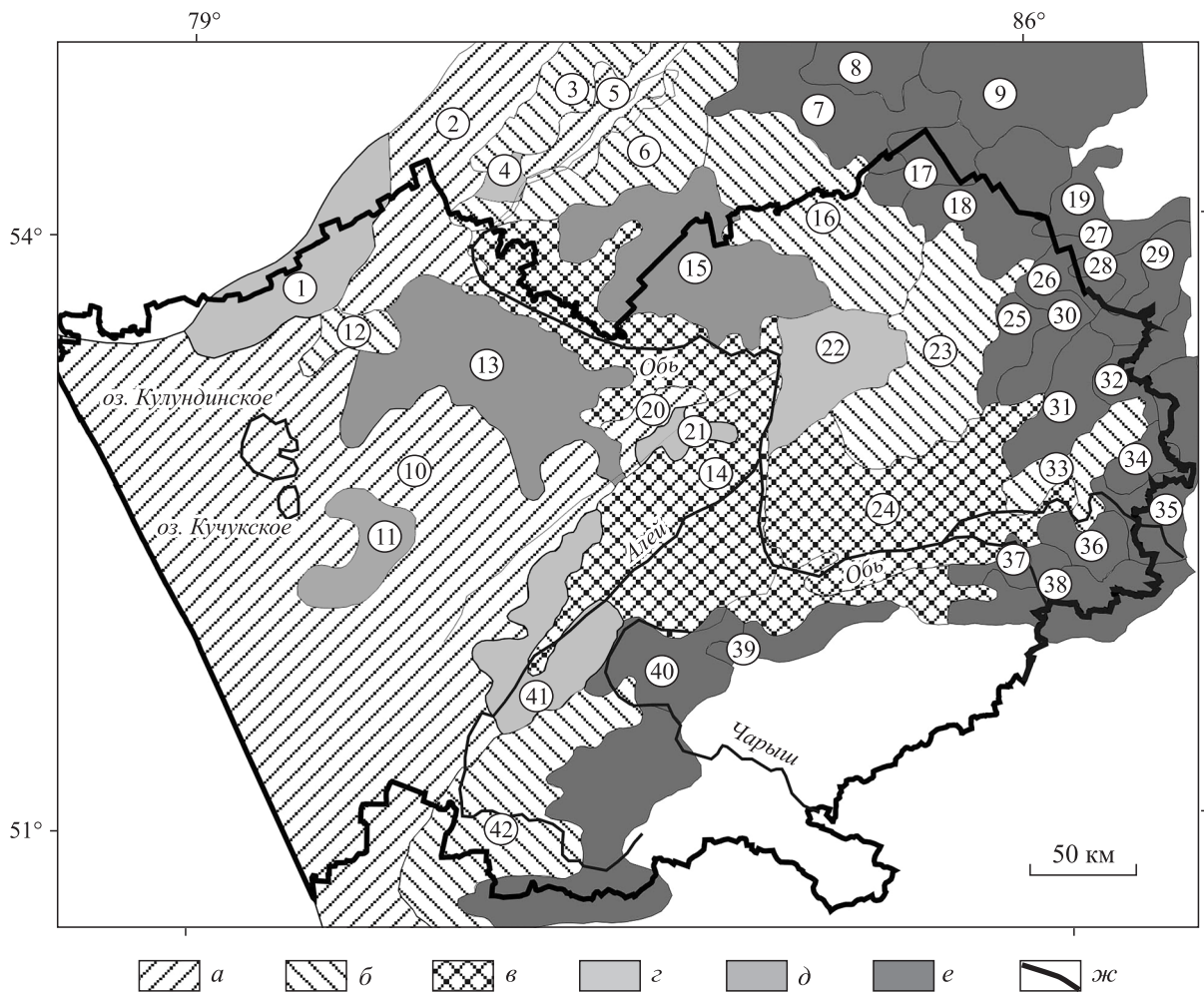


Схема современной направленности изменения рельефа Предалтайской равнины.

Районы с преобладанием: *a* — склоновых процессов, приводящих к выполаживанию склонов и накоплению обломочного материала в их основании при минимальном водном потоке (011–001–000); *б* — флювиальных процессов, приводящих к расчленению приводораздельных пространств (011–111–211); *в* — флювиальных процессов, приводящих к увеличению площади долин (012–011–111–211); *г* — склоновых процессов, приводящих к выполаживанию склонов и накоплению обломочного материала в их основании при типичном для исследуемой территории водном потоке, наиболее перспективные для поисков нефти (111–101–100); *д* — флювиальных процессов, приводящих к выполаживанию склонов с типичными минимальными для исследуемой территории углами наклона (011–111–101–100). *e* — горная часть Алтайского края. *ж* — граница Алтайского края. 1–42 — номера районов, см. в тексте и табл. 2.

рии. Дальнейшая активизация процессов может привести к переходу морфотипа 012 в 011, а 111 в 211, и районы будут соответствовать ведущему ряду.

Как известно, выявление областей поднятия на фоне общего нисходящего развития для мезо-кайнозойского чехла Западно-Сибирской плиты имеет определенный научный и практический интерес, поскольку приводит к обнаружению зон разуплотнения. В нашем случае неравномерность в проявлении двух составных частей ведущего процесса позволяет оценить аналогичное качество современного морфогенеза, изучить переходы между районами и областью или областями и страной, а также современные быстротекущие явления, поскольку процессы быстрее реагируют на перераспределение сил в чехле. В дальнейшем изменения процессов приводят к трансформации структурных элементов.

Для Алтайского края, где мощность осадочного чехла незначительна, в поверхностных процессах находит отражение активизация чехла и фундамента. Исходя из результатов проведенных нами исследований, наибольший интерес вызывают районы 1, 4, 21 и 41, в пределах которых отмечается поднятие территории (см. рисунок). Аргументируем свой выбор. Флювиальные процессы проявляются в районах 11, 13 и 15 с общим для них морфогенетическим рядом 011–111–101–100. В нем генезис определяется морфотипом 011. Он ключевой, поскольку его отсутствие приводит к появлению ряда 111–101–100 с другим генезисом и другой направленностью движения. Именно такой ряд встречает-

ся в пределах районов 41 (среднее течение р. Алей—дер. Пospelиха), 4 (верховье р. Карасук—пос. Шай-дуровский), 21 (водораздел рек Алей—Барнаулка—пос. Топчиха), 1 (верхнее течение р. Бурла—дер. Панкрушиха), которые занимают 4 % всей площади и расположены по периметру зоны, контролируемой ведущим рядом 011—001—000. В перспективную область поиска нефтегазоносности нами также включен район 22 (водораздел рек Бол. Речка—Повалиха—пос. Заводской), где в морфогенетическом ряду 112—111—101—100 присутствие морфотипа 112 свидетельствует только о более сложном по сравнению с районами 1, 4, 21 и 41 морфогенетическом развитии этого района.

Полученные результаты мы сопоставили с данными газогеохимической съемки по снегу (метод прямых поисков залежей углеводорода), которые демонстрируют связь геохимических аномалий с нефтегазоносностью независимо от глубины залежи [16]. Аномальные области, выделяемые по результатам газогеохимической съемки и анализу поверхностных геологических процессов, хорошо согласуются между собой, что позволяет в значительной степени повысить достоверность прямых методов поиска нефтегазоносности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ ведущих и морфогенетических рядов, раскрывая взаимосвязь процессов при переходах область — район, позволил выделить зоны устойчивого и неустойчивого развития, локализовать области разуплотнения чехла, которые совпали с результатами площадной газогеохимической съемки. Получены новые данные о проявлении современных процессов на территории Алтайского края, расширяющие наши представления об его эволюции и на уровне процессов и способствующие раскрытию внутриландшафтных и межландшафтных потоков в рамках функционального направления в ландшафтоведении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимофеев Д. А. О некоторых геоморфологических законах // Геоморфология. — 1972. — № 2. — С. 3–12.
2. Тимофеев Д. А. Принципы типизации геоморфологических процессов // Геоморфология. — 2004. — № 4. — С. 16–20.
3. Ласточкин А. Н. Рельеф земной поверхности (принципы и методы статической геоморфологии). — Л.: Недра, 1991. — 340 с.
4. Флоренсов Н. А. Очерки структурной геоморфологии. — М.: Наука, 1978. — 238 с.
5. Ивановский Л. Н. Ведущие экзогенные процессы при формировании рельефа // Проблемы методологии геоморфологии. — Новосибирск: Наука, 1989. — С. 85–90.
6. Уфимцев Г. Ф. Очерки теоретической геоморфологии. — Новосибирск: Наука, 1994. — 123 с.
7. Симонов Ю. Г., Спиридонов А. И. Структура и содержание понятия о генезисе рельефа // Генезис рельефа. — Новосибирск: Наука, 1998. — С. 14–23.
8. Лапин П. С., Красавчиков В. О. Морфометрические показатели при анализе направленности эрозионного расчленения рельефа // Геол. и геофиз. — 1990. — № 10. — С. 105–114.
9. Коровин М. К., Кудрявцев Н. А., Степанов Д. Л. и др. Перспективы нефтегазоносности Западной Сибири. — М., Л.: Госгеолиздат, 1948. — 407 с.
10. Матвеевская А. Л., Иванова Е. Ф. Геологическое строение южной части Западно-Сибирской низменности в связи с вопросами нефтегазоносности. — М., Л.: Изд-во АН СССР, 1960. — 264 с.
11. Рычков В. М., Рычкова С. И. О нефтегазоносности Алтая // Геологическое и горное образование. Геология нефти и газа: Материалы междунар. техн. конференции «Горно-геологическое образование в Сибири. 100 лет на службе науки и производства». — Томск: Изд-во Том. политех. ун-та, 2001. — С. 228–232.
12. Якименко Э. Л. Построение карты интенсивности эрозионного расчленения с целью изучения характера проявления новейших движений // Структурно-геоморфологические исследования Сибири. — Новосибирск: Наука, 1970. — Вып. 1. — С. 43–51.
13. Ананьев Г. С. Генетические типы склонов Верхне-Колымского нагорья и их влияние на развитие рельефа вершинной поверхности междуречий // Вестн. Моск. ун-та. Серия 5. География. — 1976. — № 3. — С. 83–89.
14. Горелов С. К., Тимофеев Д. А. Генезис рельефа: анализ понятия и восстановление родословной рельефа // Генезис рельефа. — Новосибирск: Наука, 1998. — С. 5–14.
15. Князева Е. И., Курдюмов С. П. Жизнь неживого с точки зрения синергетики // Самоорганизация и динамика геоморфосистем. — Томск: Изд-во Ин-та оптики атмосферы СО РАН, 2003. — С. 3–14.
16. Конторович А. Э., Фомин А. Н., Сенников Н. В. и др. Прямые поиски залежей углеводородов на территории Степного Алтая методом газогеохимической съемки по снегу // Материалы международного научного конгресса. Т. 5: Недропользование. Новые направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. — Новосибирск: Изд-во Сиб. гос. геод. академии, 2007. — С. 60–65.