

УДК 551.4 (571.6)

А.А. Гаврилов¹

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ СООТНОШЕНИЙ ОРОГРАФИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ГИДРОСЕТИ

В зависимости от контекста водораздельные узлы целесообразно рассматривать не только как точки на топографической или геоморфологической картах (узел-вершина), но и как специфические формы рельефа с конформным геологическим содержанием (узел-морфоструктура), в пределах которых расположены истоки водотоков и верхние участки их долин. Такой подход с акцентом на водораздельных узлах-морфоструктурах (ВУМ) как ключевых элементах строения, факторах развития различных орогенных систем и областей денудации в целом позволяет с новой позиции проводить геолого-геоморфологический анализ соотношений орографических особенностей и сети водотоков территорий, решать вопросы их формирования, эволюции и др. Выделено несколько основных типов их дисгармонии: 1 – пересечение реками орогенных сводов, горных хребтов с формированием каньонообразных, антецедентных долин с максимальными врезами; 2 – аномально высокая концентрация истоков рек в пределах отдельных ВУМ; 3 – удаленность некоторых крупных ВУМ от полей максимальных высот горных хребтов и поднятий территорий; 4 – речные перехваты, сопровождающиеся внедрением в междуречное пространство водотоков соседних речных систем и изменением плановых рисунков ВУМ и водосборных бассейнов. На примере разных объектов и регионов (Дальний Восток, Сибирь, Европа, Сев. Америка) показано, что в основе этих явлений лежат такие факторы, как гетерохронность и гетерогенность ВУМ территорий, различное время формирования ВУМ и гидросети, наличие длительно живущих центров эндогенной активности и гранитообразования, с которыми сопряжены ВУМ, и др.

Энергетическая обусловленность процессов воздымания земной коры позволяет оценивать ВУМ, связанные с очаговыми морфоструктурами, как универсальные и наиболее устойчивые к тектонической деструкции и денудации элементы строения орогенов и областей тектономагматической активизации.

Ключевые слова: ороген, водораздельный узел-морфоструктура, гидросеть, центр горообразования, горный хребет, очаговая система

Введение. В пределах многих горных областей и поясов можно наблюдать явление пересечения крупными реками хребтов и орогенных сводов, несоответствие максимальных высот рельефа и гипсометрических отметок региональных водораздельных узлов, их удаленность от главных (в настоящее время) водоразделов и другие аномальные особенности взаимоотношений орографических и гидрографических элементов. Все это указывает на определенную независимость развития исторически сложившихся водосборных бассейнов и водных артерий по отношению к поднятиям, возникающим на последующих этапах геологической эволюции той или иной территории. На локальном уровне дисконформные отношения водоразделов и гидросети могут быть обусловлены речными перехватами, отражающими дифференцированный характер тектонических движений и изменение положений уровней базисов эрозии во впадинах, прилегающих к поднятиям.

В более широком аспекте, видимо, следует судить о специфических особенностях соотношений между орографическими элементами и строением гидросети как некотором геоморфологическом феномене, охватывающим объекты разного ранга и возраста. В планетарном плане эта проблематика была затронута ранее в работе Д.А. Тимофеева

[Тимофеев, 2011]. В качестве основных причин несоответствий он рассматривал взаимодействие эндогенных и экзогенных факторов, тектоническую эволюцию территорий. При региональных геолого-геоморфологических исследованиях орогенных областей юга Дальнего Востока (ДВ) в 1970 г. были проанализированы данные о прорезании горных хребтов реками Зея, Амур, Амгунь и выдвинуты представления о длительном, унаследованном развитии ряда положительных элементов морфоструктурного плана и связанных с ними водосборных бассейнов и рек, формирующих антецедентные, каньонообразные долины [Худяков, 1977]. Многочисленные примеры пересечения горных хребтов реками в Евразии, Северной Америке описаны в целом ряде работ зарубежных исследователей [Oberlander, 1965; Fielding, 2000; Stokes M., Mather, 2003 и др.]. В качестве основных возможных причин этого явления указывают на более древний, по сравнению с поднятиями, возраст гидросети, резко возрастающую водность рек в связи с климатическими изменениями. Тем не менее, вопросы возникновения и формирования такого феномена остаются до настоящего времени дискуссионными.

Очевидно, что в каждом конкретном случае имеются свои частные особенности, но существу-

¹ ФГБУН Тихоокеанский океанологический институт имени В.И. Ильичева ДВО РАН, лаборатория гравиметрии, вед. науч. с., канд. геол.-минерал. н.; e-mail: gavrilov@poi.dvo.ru

ет необходимость наметить некоторый общий методический подход к изучению подобных ситуаций. По мнению автора, основой может служить положение о том, что маркерами тектонической активности и строения недр являются такие важные элементы гидрографических и орографических систем, как водораздельные узлы-морфоструктуры (ВУМ) [Гаврилов, 2017а, б].

Методология и методика исследований. Уже на начальных этапах возникновения поднятий дифференцированность тектонических движений, специфика связанных с ними дислокаций, а также различия литоморфных свойств геологических тел приводят к обособлению аномальных по геодинамическим, структурным и вещественным характеристикам участков литосферы, которые на данный исторический момент обладают максимальным энергетическим потенциалом и устойчивостью к эрозионно-денудационным процессам. Именно они образуют основу будущих водораздельных узлов, сеть которых определяет последующее заложение, параметры и пространственные соотношения водосборов и, соответственно, рисунок долин водотоков, систем поднятий и распределение шлейфов рыхлых отложений. Поэтому водораздельные узлы как орографические и энергетические центры представляют собой ключевые элементы строения и факторы развития горных районов и областей денудации в целом, определяя главные особенности их трансформации на всех этапах геоморфологической эволюции. Следует с целевой установкой, целесообразно использовать термин «водораздельный узел» не только как точку на топографической или геоморфологической картах, где сходятся (расходятся) две, три и более водораздельных линий (узел-вершина), но и как специфическую форму рельефа с конформным геологическим содержанием (водораздельный узел-морфоструктура – ВУМ), в пределах которой расположены истоки и верхние участки долин водотоков. В орогенных областях крупные ВУМ соотносятся с центрами горообразования. В последующем такие геодинамические центры сохраняют свое орографическое значение и в условиях платформенного режима. По мере «старения» рельефа, эрозионной сети и водосборных бассейнов они остаются каркасными и наиболее консервативными элементами морфологического ландшафта [Гаврилов, 2017а, б].

В ходе проведенных ранее исследований рядом специалистов было сформулировано понятие «морфоструктурный узел». Он определялся как участок сочленения продольных и секущих линейных границ крупных морфоструктурных элементов (линеаментов), место стыковки блоков разных порядков [Герасимов, Ранцман, 1973]. С такими узлами обычно связывали проявления экстремальных природных явлений [Ранцман, Гласко, 2004]. Представляется, что принципиальные различия предлагаемого автором понятия «ВУМ» и приведенного термина «морфоструктурный узел» очевидны. Объединяет их идея о существовании в сфере морфогенеза специфичес-

ких энергетических центров, которые вместе с каналами энергомассопереноса определяют общую ячеистую структуру геологической среды [Гаврилов, 2017б].

При выделении, идентификации и изучении ВУМ целесообразно использовать известные морфометрические и морфографические методики, входящие в морфоструктурный анализ [Хортон, 1948; Философов, 1975; Худяков, 1977; Соловьев, 1978; Симонов, 1999 и др.]. Специфика исследований заключается в акценте на анализе карт порядков водотоков и водоразделов, в построении продольных профилей долин рек, изучении плотности и рисунка водотоков, водораздельных линий, а также в выявлении комплекса дислокаций и геологических тел, конформных ВУМ. Для определения их геоморфологических границ привлекаются данные об участках перегиба продольных профилей речных долин, крупных гипсометрических уступах на водоразделах, о зонах аномальных градиентов на картах вершинных поверхностей. Из комплекса геологических материалов используются сведения о разрывных нарушениях, складчатых, инъективных и блоковых дислокациях, особенностях залегания геологических тел в вершинном поясе междуречий. Дополняют их данные о связях с ВУМ геофизических аномалий разного типа. При проведении специализированных работ, направленных на картографирование ВУМ, выявляются многие десятки, сотни объектов. Для типизации, паспортизации и систематики ВУМ по ряду формализуемых и неформализуемых признаков целесообразно применять комплекс геоморфологических, геологических и геофизических данных. Полученные результаты позволяют перейти к оценке возможных механизмов формирования морфологического ландшафта орогенов и других областей денудации, проводить верификацию существующих тектонических моделей развития территорий, решать другие задачи. Если, например, на территории юга ДВ до 80% ВУМ сложено магматическими образованиями и образовано инъективными дислокациями разных глубин заложения [Гаврилов, 2017б], то о каких коллизионных или коллизионно-аккреционных механизмах регионального горообразования [Ханчук, 1993] может идти речь?

Обычно наблюдаются следующие виды (или типы) дисгармонии орографии и гидрографической сети: 1 – пересечение реками орогенных сводов, горных хребтов с формированием каньонообразных, антецедентных долин с максимальными врезами; 2 – аномально высокая концентрация истоков рек в пределах отдельных ВУМ; 3 – удаленность некоторых крупных ВУМ от полей максимальных высот горных хребтов и поднятий территорий; 4 – речные перехваты, сопровождающиеся внедрением в междуречное пространство водотоков соседних речных систем и изменением плановых рисунков ВУМ и водосборных бассейнов.

Результаты и обсуждение. Некоторые аспекты аномальных соотношений поднятий и долин рек Сибири и ДВ. Рассмотрим их на примере Аму-

ро-Приморской горной страны и р. Амур, которая пересекает северные отроги Большехинганского орогена, образует antecedentные долины в районах г. Комсомольска и горного хребта Пуэр или Чаятын (Чаятынский пережим). Один из истоков р. Амур – р. Шилка – находится в пределах Монголо-Сибирского мегасвода [Гаврилов, 2017б], сопоставимого с древним «теменем Азии», намеченного Э. Зюссом еще в конце XIX века в виде неправильного треугольника. Установленные в пределах поднятия массивы раннепротерозойских, ранне-, позднепалеозойских и позднемезозойских гранитоидов [Геологическая карта ..., 2004], а также геологические признаки тектономагматической активизации на неотектоническом этапе развития свидетельствуют о том, что воздымание мегасвода началось в докембрии и протекало дискретно во времени и пространстве, но унаследовано на протяжении многих сотен миллионов лет.

Второй исток р. Амур – р. Аргунь, протекающая по системе межгорных впадин на юго-восточной границе Монголо-Сибирского мегасвода, начинается в одном из магматических поднятий (высоты 1400–1700 м) Большого Хингана. Судя по возрасту конформных гранитных интрузивов [Геологическая карта мира, 2000], они возникли в раннем палеозое, но в последующем испытали активизацию в позднем палеозое, в позднеюрско-раннемеловое время и на неотектоническом этапе развития. Приведенные данные позволяют предполагать, что формирование первичных, наиболее древних, элементов водосборной системы Палеоамура началось, по меньшей мере, в раннегерцинскую эпоху тектогенеза и магматизма. Важную роль на более поздних этапах ее эволюции сыграли процессы регионального горообразования в позднем мезозое – раннем кайнозое [Гаврилов, 2017б].

В юго-восточной Сибири р. Витим пересекает Становое, Патомское нагорья, хребты Делюн-Уранский, Кодар. Река Олекма разделяет Каларский и Становой хребты. Истоки этих рек, а также рек Холой, Уда, Чикой расположены в ядре Восточно-Забайкальского эллипсоидного свода с соответствующими радиусами (R) $R_1=200$ км, $R_2=250$ км. Долина Амгуни пересекает Баджалский и Пильдо-Лимурийский орогенные своды, имеющие позднемеловую возраст. Максимальная глубина ее вреза относительно прилегающих горных хребтов достигает 1600–1700 м. При высотах рельефа в среднем течении реки до 2200 м гипсометрические отметки поднятий в ее истоках не превышают 1100–1200 м. Это свидетельствует о том, что первичный центр горообразования и сопряженный с ним ВУМ, расположенный западнее, возникли до начала формирования Баджалского магматогенного поднятия, которое возникло в позднем мелу [Вдовина, Лукашов, 2006]. О древности первичного орографического центра говорят и геологические данные. Река Аякит (исток Амгуни) начинается в ядерной части Буреинского срединного массива, где экспонированы блоки архейских пород кристаллического фун-

дамента и массивы допалеозойских и палеозойских гранитоидов [Гаврилов, 2017а]. Тем самым подтверждаются длительность существования морфоструктурного перекоса в направлении с запада на восток и относительно древний возраст водосборного бассейна р. Амгунь.

Следующий важный вид аномальных соотношений характеризуется высокой концентрацией истоков крупных рек в пределах отдельных ВУМ, что может быть обусловлено лишь длительным и унаследованным их развитием. В возникшем еще в раннем палеозое Западно-Байкальском сводово-блоковом поднятии, входящим в состав Алтай-Саянского орогенного мегасвода, расположены истоки рек Большой и Малый Енисей, Дэлгэр-Мурен, Ока, Иркут и др. [Гаврилов, 2017б]. В Приамурье выделяется крупный Верхнеселемджинский ВУМ позднемелового возраста, в пределах которого начинаются такие большие реки, как Буряя, Селемджа, Тугур и др. С ядром Анюйского орогенного позднемелового мегасвода в Сихотэ-Алине сопряжены истоки крупных рек Хор, Анюй, Самарга, Коппи. В пределах Баджало-Буреинского свода расположены верховья таких больших рек, как Амгунь, Буряя, Урми. К ядру Тумнинского сводового поднятия (Сихотэ-Алинь) приурочены начала рек Тумнин, Уктур, Яй, Уй и других.

Перестройки морфоструктурного плана, смены геодинамического режима и интенсивная деятельность агентов экзогенной сферы морфогенеза Земли определяют тот факт, что все выраженные в рельефе крупные положительные формы, играющие роль региональных ВУМ и концентрирующие истоки многих крупных рек, могут сохраняться только при периодической энергетической подпитке. Необходимое условие их устойчивого, длительного и унаследованного развития – продолжительная перманентная или дискретная, пульсационная деятельность центров эндогенной активности недр, соотносимых с областями длительного гранитообразования, имеющих, как правило, глубинную природу.

Речные перехваты формируются за счет процессов регрессивной эрозии и внедрения в междуречное пространство относительно низкопорядковых водотоков, более интенсивно развивающихся соседних речных систем. Проявляются они обычно при асимметрии склонов междуречий и обусловлены, прежде всего, различиями положений базисов эрозии, соотносимых с гипсометрическими уровнями примыкающих к поднятиям впадин, и соответственно разными уклонами продольных профилей водотоков. Меньшее значение имеют физико-механические свойства размываемых в ходе глубинной эрозии пород междуречий, излияния базальтов и другие локальные факторы. Типичным примером являются речные перехваты Сихотэ-Алиния (реки Зеркальная–Павловка, Уссури–Милоградовка и др.) [Короткий, 2010], predeterminedные существенно более крутыми уклонами продольных профилей речных долин склонов, которые обращены к Татарскому проливу. Если возникновение большинства аномальных

геоморфологических ситуаций, связанных с ВУМ, определяется воздыманием земной коры, то речные перехваты отражают влияние на развитие речной сети и водоразделов процессов ее пригибания и опускания при доминировании деструктивных тенденций тектогенеза.

Материалы и результаты исследований отдельных эталонных ВУМ. Как показывает изучение орогенных систем территории юга ДВ и прилегающих районов, для локальных и региональных горообразующих центров, как правило, типична аномально высокая плотность водораздельных узлов-вершин и истоков рек, размещение которых подчиняется радиально-концентрической пространственной организации. Такой рисунок водораздельных

линий и узлов характерен, например, для инфраструктуры Буголлинского позднемезозойского интрузивно-купольного поднятия, сложенного раннемеловыми гранитоидами и расположенного в осевой части Станового хребта (рис. 1). В его пределах берут начало такие крупные реки, как Гонам, Тимптон, Гилой и другие.

Размер ВУМ, соотносимого с интрузивным куполом, составляет, по данным В.В. Юшманова [Юшманов, 1985], 45×65 км. По мнению автора, он имеет не кардиоидную, а правильную кольцевую форму и диаметр около 70 км. Максимальные высоты рельефа в его пределах не превышают 2000 м и смещены на юг относительно его геометрического центра. Река Гилой пересекает хр. Тукурингра (мак-



Рис. 1. Сеть водораздельных узлов Буголлинской интрузивно-купольной морфоструктуры [Юшманов, 1985], с дополнениями и в интерпретации автора. 1–5 – структурно-морфографические элементы. 1–2 – линии водоразделов: 1 – каркасные в пределах интрузивного купола (а – основные, б – второстепенные), 2 – прилегающих территорий; 3 – центры горных систем концентрического строения и их нумерация; 4–5 – контуры Буголлинской морфоструктуры: 4 – по данным [Юшманов, 1985]; 5 – по версии автора

Fig. 1. Network of watershed nodes of the Bugollinsky intrusive dome morphostructure [Yushmanov, 1985], with additions and in the author's interpretation. 1–5 – structural-morphographic elements. 1–2 – watershed lines: 1 – skeleton lines within the intrusive dome (a – main, b – secondary), 2 – of adjacent territories; 3 – centers of concentric mountainous systems and their numbers; 4–5 – contours of the Bugollinsky morphostructure: 4 – according to [Yushmanov, 1985]; 5 – according to the author

симальные отметки высот хребта 1600 м, в месте пересечения – 1100 м), реки Тимптон и Гонам прорезают Алданское нагорье с высотами до 2200–2400 м и далее впадают в р. Алдан – один из крупнейших притоков р. Лены. Особая роль Буголлинского ВУМ в контроле размещении истоков крупных водных артерий и в формировании соответствующих водосборных бассейнов можно объяснить лишь опережающим развитием одноименной очаговой морфоструктуры по меньшей мере с раннего мела на фоне более медленного воздымания Алданского нагорья в позднем мезозое–кайнозое. На предлагаемой схеме (см. рис. 1) отчетливо выделяются внутренний и внешний концентры водораздельных линий и серии относительно небольших купольных форм рельефа (локальные ВУМ), что позволяет отнести инфраструктуру рассматриваемого поднятия к полиядерно-сателлитному типу строения очаговых систем. По своей природе крупные ВУМ представляют собой фрактальные образования, так как состоят из множеств подобных по морфологии и строению ВУМ меньшего порядка. Это хорошо иллюстрирует приведенный рисунок, похожий на изображение известной снежинки Мандельброта [Мандельброт, 2002].

Яркий пример определяющего влияния очаговых глубинных процессов на формирование орогенных сооружений юга ДВ – строение Верхнеселемджинского позднемелового тектономагматического поднятия ($R_1=110$ км, $R_2=80$ км), в ядре которого расположена крупная брахисинклинальная складка. Кольцевое размещение массивов позднемеловых гранитоидов и ареалов комагматичных эффузивов, радиально-концентрическая геологическая и геоморфологическая зональность, ядерно-сателлитный тип инфраструктуры отражают решающую роль очаговой геодинамики в горообразовании [Гаврилов, 2014, 2017а]. Приуроченный к нему ВУМ отличается аномально высокой плотностью истоков таких крупных рек, как Селемджа, Буряя, Нимелен, Асыни, Селиткан и максимальными для региона высотами рельефа (г. Город-Макит – 2295 м) (рис. 2).

С Хангайским орогенным сводом (высоты до 3900 м), выделяемым на территории Монголии, связано начало крупных рек Селенга, Орхон, Идер, Дзабхан, Тэрхийн-гол. Ядро этого горообразующего центра, соотносимого с региональным ВУМ, занимает один из крупнейших батолитов региона, в пределах которого установлены как палеозойские, так и мезозойские интрузивные породы кислого состава. Здесь выявлены три разновозрастные группы массивов гранитоидов с абсолютными датировками: 302–287, 269–240 и менее 230 млн лет [Ярмолюк и др., 2013]. Вокруг гранитного ядра сводового поднятия располагаются дуговые зоны рифтогенного магматизма, что создает общую радиально-концентрическую геологическую и геоморфологическую зональность этой региональной очаговой морфоструктуры. В соответствии с данными абсолютных датировок гранитоидов, общая продолжительность пульсационного, но унаследованного раз-

вития Хангайской магматической системы превышает 80 млн лет [Гаврилов, 2017б]. Приуроченность к древнему своду современного орографического центра указывает на унаследованное развитие этой очаговой морфоструктуры в кайнозое. Такие тенденции эндогенного морфогенеза определили длительное и устойчивое функционирование орографических и гидрографических систем региона на протяжении сотен миллионов лет, что обеспечило, в частности, пересечение Селенгой горных сооружений Хамар-Дабан – Улан-Бургасы, а р. Ангарой (в прошлом, вероятно, р. Селенга в нижнем течении) – Бургузинского и Приморского хребтов.

Анабарская кольцевая морфоструктура, контуры которой были намечены ранее В.В. Соловьевым [Соловьев, 1978], занимает северную часть Среднесибирского плоскогорья и представляет собой, по мнению автора, надплюмовый мегасвод. В его ядре расположен одноименный докембрийский кристаллический массив, имеющий изометричную форму (350×450 км), которому в рельефе соответствует одноименное плоскогорье с максимальными высотами до 900 м. Он сложен архейскими, нижне- и среднепротерозойскими метаморфическими комплексами, архейскими гранитоидами и традиционно рассматривается как выступ докембрийского фундамента Сибирской платформы. В обрамлении массива располагаются палеозойские образования плитного комплекса, прорванные раннетриасовыми интрузиями габбродолеритов [Геологическая карта ..., 2004]. Юго-западный сектор мегасвода занимает крупный ареал раннетриасовых базальтов трапповой формации (плато Путорана, максимальная высота 1700 м), для которой характерны огромные объёмы излияния эффузивов. Кольцевое расположение вокруг Анабарского массива тел габбродолеритов и масштабы раннемезозойского базитового магматизма указывают на существование глубинного и мощного магмо- и энергогенерирующего центра, соотносимого с плюмом. Сателлитные магматические, тектономагматические поднятия и связанные с ними региональные орографические центры (ВУМ) располагаются вокруг массива орбитально, что характерно для очаговых систем вне зависимости от их рангов (рис. 3) [Гаврилов, 2017б].

Анализ имеющихся геолого-геоморфологических данных позволяет предполагать, что на момент излияния трапповых базальтов Анабарский массив представлял собой региональный орографический центр с радиальным рисунком речных долин. Последующая перестройка гидросети носила кардинальный характер. Вместо одного центра возникла серия новых ВУМ регионального ранга, которые расположились не хаотически, а упорядоченно. Концентрическая пространственная организация вокруг ядра надплюмового мегасвода региональных водораздельных узлов показывает, что при всех различиях полей высот его центральных и периферических частей, древняя область консолидации и гранитизации сохранила роль основного системообразующего орографического центра на



Рис. 2. Схема геологического строения Верхнеселемджинского тектономагматического поднятия по [Геологическая карта ..., 2004]. 1–2 – породы складчатого основания разного возраста: 1 – палеозойского и более древнего, 2 – юрского и раннемелового; 3 – эффузивы позднемелового возраста разного состава: а – андезитового, б – риолитового; 4–5 – интрузивные тела: 4 – базитового состава, 5 – гранитоидов; 6 – чехол рыхлых отложений речных долин и межгорных впадин; 7–8 – разломы, установленные по различным данным: 7 – геолого-геофизическим, 8 – геолого-геоморфологическим: а – дуговые и кольцевые, б – радиальные; 9 – вершина г. Город-Маки

Fig. 2. Scheme of the geological structure of the Upper Selemdzha tectonomagmatic rise according to [Geological map ..., 2004]. 1–2 – rocks of the folded basement of different ages: 1 – Paleozoic and more ancient, 2 – Jurassic and Early Cretaceous; 3 – Late Cretaceous volcanic rocks of various composition: a – andesite, b – rhyolite; 4–5 – intrusive bodies: 4 – of basic composition, 5 – granitoids; 6 – loose deposits of river valleys and intermountain depressions; 7–8 – faults determined according to various data: 7 – geological-geophysical, 8 – geological-geomorphologic: a – arc and ring, b – radial; 9 – top of the Gorod- Makit Mount

севере Среднесибирского плоскогорья. При этом ее влияние и черты унаследованного развития проявляются не прямо, а опосредованно, через систему пространственно и парагенетически связанных с ней относительно молодых ВУМ.

Аномальные геоморфологические ситуации в других регионах. Наряду с Сибирью и ДВ явления пересечения крупными реками горных хребтов, орогенных сводов и иные специфические соотношения орографических элементов и гидросети широко представлены в самых различных областях и районах нашей планеты. Река Олт пересекает горные сооружения Южных Карпат, р. Кура – систему поднятий Малого Кавказа (Месхетский, Триалетский хребты). В Болгарии р. Искыр прорезает горный хребет Стара-Планина [Geomorphology, 1984]. Целый ряд рек рассекает Понтийский хребет, занимающий северную часть Малой Азии. Одна из них, Ешилъырмак, начинается в крупном ВУМ (истоки рек Чорох, Карасу, Аракс и др.), который располо-

жен южнее главного водораздела в пределах отрогов Понтийских гор и представляет собой относительно изометричное поднятие радиусом 75–80 км со средними высотами 2000–2500 м [Географический атлас, 1982]. Положительные морфоструктуры региона, которые отличаются максимальными высотными отметками (г. Бол. Арарат – 5165 м, г. Эрджияс – 3916 м), соотносимы с позднекайнозойскими стратовулканами [Геологическая карта, 2000]. Несмотря на свои господствующие высоты, они образуют ВУМ низкого порядка, относительно слабо влияющие на общий рисунок гидросети, исторически сложившейся на более ранних этапах геологического и геоморфологического развития территории. Один из крупных ВУМ Европы (истоки рек Зале, Наб, Огрже и др.) расположен на пересечении поднятий Рудных гор, Тюрингенский Лес и Чешский Лес, в сотнях километрах к северо-востоку от Альпийской орогенной системы. Долина р. Лабы разделяет хребты Рудных гор и Судет. К северу от

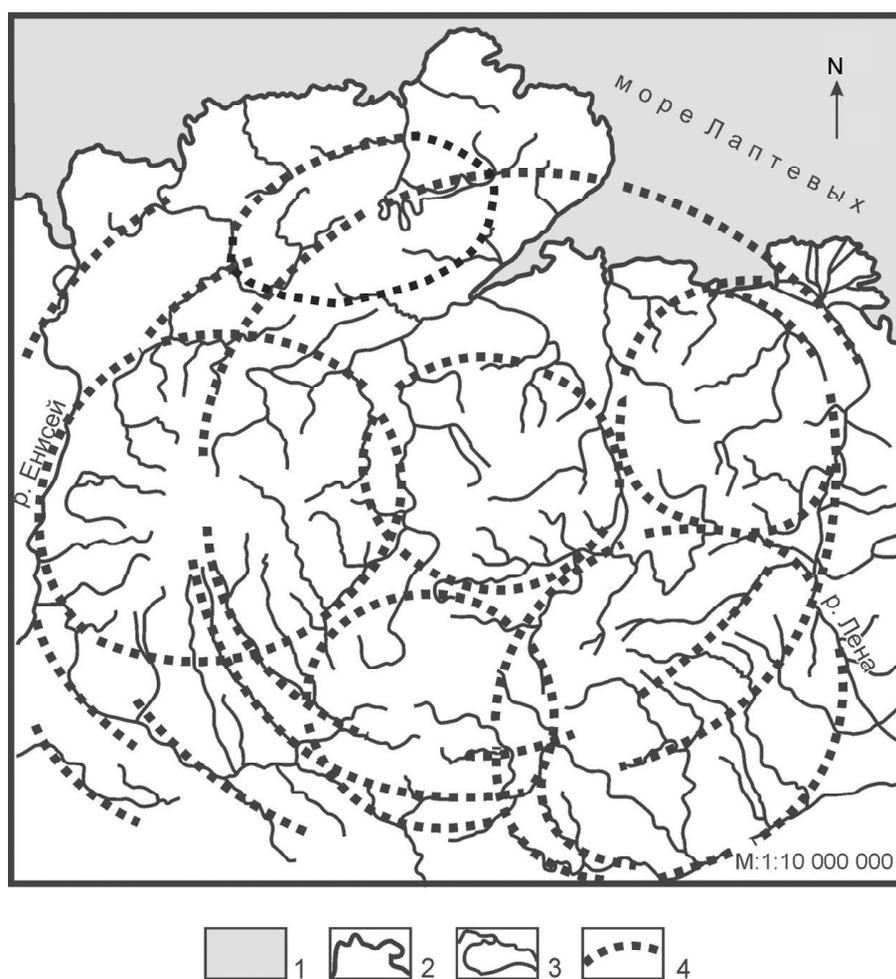


Рис. 3. Схема речной сети и ВУМ Анабарского надплюмового мегасвода. 1 – акватории; 2 – береговая линия; 3 – речная сеть; 4 – контуры очаговых морфоструктур, соотносимых с магматическими, тектономагматическими поднятиями и региональными ВУМ, в центральных частях которых расположены истоки основных водных артерий территории

Fig. 3. Scheme of the river network and watershed node-morphostructure of the Anabar overplum mega-arch. 1 – water areas; 2 – coastline; 3 – river network; 4 – contours of focal morphostructures correlated with magmatic and tectonomagmatic rises and regional WNM with the sources of main water courses of the territory in their central parts

главного Альпийского водораздела на расстоянии около 60 км выделяется водораздельный узел с истоками таких крупных рек, как Рейн, Рона и др. Еще севернее (200 км) расположены истоки Дуная и одного из правых притоков Рейна. Средние высоты рельефа этих ВУМ укладываются в диапазон 750–1000 м, в то время как максимальные высоты в Альпах достигают значений 4600–4800 м. Все это – признаки гетерохронности и гетерогенности центров горообразования и связанных с ними орографических и гидрографических систем Европы, многие из которых были сформированы и развивались до начала Альпийского этапа орогенеза.

В расположенных на западе Ирана горах Загрос (протяженность – 1600 км, а ширина – 250 км) диапазон максимальных высот составляет 3350–4575 м. Более трехсот каньонов с глубинами до 2000–2440 м разделяют их на отдельные поднятия [Oberlander, 1965]. Самые глубокие в мире сквозные долины находятся в Гималаях. По данным Е.Д Филдинга [Fielding, 2000], одиннадцать крупных

рек берут свое начало в южной части Тибетского нагорья и проходят через горы по глубоко врезаным в хребты каньонам. Например, разница высотных отметок дна долины р. Арун и горного хребта возле г. Эверест составляет более 6 км.

Крупнейшие реки Индии и Юго-Восточной Азии (Ганг, Инд, Брахмапутра) начинаются в пределах относительно небольшого (радиус 200 км) ВУМ, занимающего восточный сегмент хребта Заскар (южная окраина Тибетского нагорья или Тибетские Гималаи) с высотами 7700–7800 м. При этом реки Лангчен, Карнали, Арун, а также Брахмапутра и Инд прорезают Высокие Гималаи, что указывает на более молодой (позднекайнозойский) возраст этой системы орогенных поднятий по отношению к центральным частям Тибет-Гималайского надплюмового мегасвода. Размещение горообразующих центров, соотносимых с ВУМ и контролирующими положение истоков рек Янцзы, Хуанхэ, Меконг, Салуин на северо-востоке и востоке Тибетского нагорья, невозможно объяснить с позиций коллизионной

или коллизионно-аккреционной модели орогенеза [Гаврилов, 2017б].

На северо-востоке Азии р. Омолон пересекает Юкагирское плоскогорье, горные хребты Уш-Урукчэн и Олойский. Река Индигирка прорезает горные хребты Черского и Момский, Полоусный кряж, вместе с р. Колымой они почти полностью рассекают Яно-Колымский орогенный мегабассейн. Истоки большинства крупных рек региона (Индигирка, Колыма, Охота, Куйдусун, Кулу, Тыры, Юдома) концентрируются в пределах относительно небольшого по размерам Верхне-Индигирского орогенного свода, включающего не только складчатые мезозойды, но и ареалы кислых вулканитов и конформных гранитоидов позднемелового возраста [Геологическая карта ..., 2004]. Присутствие в пределах этого поднятия структур и метаморфических комплексов Охотского срединного массива (по аналогии с Бурейским массивом) позволяет связать предысторию развития этого ВУМ с длительно живущим центром консолидации, гранито- и горообразования. Существующие соотношения орографии и гидросети рассматриваемой территории показывают, что именно он обусловил основные особенности формирования и развития региональной речной системы на позднемезозойском и кайнозойском этапах геологической эволюции региона. Примером важного орографического значения очаговых морфоструктур может служить и рисунок гидросети в Корьякии, где более десяти рек берут начало в региональном ВУМ, который сопряжен с тектономагматическим поднятием г. Ледяной [Гаврилов, 2017а]. На топографической карте М 1:1 000 000 Чукотского полуострова аномально высокой плотностью истоков крупных водных артерий отличаются два ВУМ. Они соотносимы с тектономагматическими поднятиями, структурную основу которых образуют массивы гранитоидов позднемелового возраста [Геологическая карта ..., 2004]. В одном из них берут начало 7 рек (Амгуэма, Такюрев, Пегтымель и др.), в другом – 12 (Энмываам, Мал. Анюй, Угайкын и др.).

Ряд горных сооружений Тихоокеанского подвижного пояса на западе Северной Америки прорезают реки Юкон и Бигхорн. Береговые хребты и Каскадные горы рассекают долины рек Снейк, Колумбия, Фрейзер. Река Снейк, в частности, проходя через горы Валлова в северо-восточной части штата Орегон и через горы Севен Девилс в штате Айдахо, образует самый глубокий (2440 м) в Северной Америке каньон Хеллс [Vallier, 1998]. Сквозная долина р. Шошоун, пересекающая горы Раттлснейк западнее от города Коди (шт. Вайоминг), имеет глубину 760 м [Stokes, Mather, 2003]. Все это служит признаками достаточно древнего зарождения водосборных систем и долин этих водных артерий, истоки которых лежат в центральной части континента. Выделяемые орографические центры приурочены, в частности, к поднятиям, включающим Передовой хребет, горы Сангре-де-Кристо и др. Крупный ВУМ (истоки рек Мадисон, Снейк, Грин-Ривер, Шошоун и др.) приурочен, в частности, к Йеллоустоунскому

тектономагматическому поднятию (радиус 200–220 км). Об относительной молодости горных сооружений на западе Северной Америки говорят и известные геологические данные об особенностях проявления окраинно-материкового вулканизма в позднем кайнозое (миоцен–плейстоцен) [Геологическая карта ..., 2000]. Сквозные долины можно встретить также на востоке США, в горах Аппалачи. Одна из наиболее известных серий сквозных долин – река Саскуэханна, прорезающая горную систему на севере города Харрисбург [Oberlander, 1985].

В заключение следует отметить, что аномальные орографические центры наблюдаются и на слабо активированных платформах. Одним из примеров может служить Валдайский ВУМ на Восточно-Европейской платформе, в пределах которого сконцентрированы истоки таких крупных рек, как Волга, Днепр, Зап. Двина, Ловать, Мста.

Выводы:

– в зависимости от целевой установки водораздельные узлы могут определяться не только как точки на топографических или геоморфологических картах (узел-вершина), но и как специфические формы рельефа с конформным геологическим содержанием (узел-морфоструктура), формирование и развитие которых связано с центрами устойчивого роста положительных деформаций земной коры. Именно такие ВУМ контролируют положение истоков рек, задают границы водосборных бассейнов и определяют вместе с прилегающими впадинами градиенты и основные направления поверхностного стока;

– геоморфологические, геологические и геофизические характеристики ВУМ (статические, динамические и ретроспективные системы) несут главную информацию о механизмах, факторах формирования горных сооружений, а также о геодинамике, эволюции орогенных областей и областей денудации в целом. При переходе к платформенному режиму они сохраняют роль наиболее консервативных орографических элементов морфологического ландшафта. Паспортизация ВУМ, статистическая выборка характеризующих их данных – ключ к решению задач происхождения поднятий, основа верификации тектонических моделей регионального орогенеза, базирующихся, как правило, преимущественно на геологической и геофизической информации;

– в качестве основных типов аномальных соотношений орографической и речной сети рассматриваются следующие геоморфологические ситуации: пересечения орогенных сводов, горных хребтов реками, формирующими антецедентные долины; аномально высокие концентрации истоков рек в пределах отдельных ВУМ; удаленность их от полей максимальных высот поднятий территории; речные перехваты, меняющие плановые рисунки водосборных бассейнов и сопряженных систем ВУМ;

– на примере разных объектов и регионов показано, что в основе этих явлений лежат: сосуществование в пределах территорий ВУМ разного ранга,

происхождения и возраста; полицикличность процессов орогенеза и тектонических движений разной направленности в целом; аномальная устойчивость к процессам денудации и, соответственно, консервативность длительно живущих центров горообразования и эндогенной активности, сопряженных с очаговыми системами; различия времени формирования ВУМ и речной сети; дифференцированный характер тектонических движений и различия базисов эрозии, соотносимых с гипсометрическими уровнями примыкающих к поднятиям впадин;

– ранее в качестве главных индикаторов особенностей развития горных сооружений в геомор-

фологии и неотектонике широко использовались уплощенные и плоские реперные поверхности на водоразделах и ступенчатых склонах, которые не всегда обоснованно оценивались как реликты регионального пенеплена [Худяков, 1977]. Применение в качестве ключевых объектов геолого-геоморфологических исследований горных территорий и других областей денудации не виртуальных зачастую, реликтов региональных поверхностей выравнивания, а реальных образований – ВУМ разного ранга, генезиса и возраста – принципиально снижает риск получения неадекватных результатов исследований.

Благодарности. Автор благодарит рецензентов за ряд полезных замечаний, которые позволили сделать изложение материалов статьи более аргументированным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Вдовина И.А., Лукашов А.А.* Морфоструктурная оценка эродированности рудопоявлений Баджальского оловорудного района // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2006. № 3. С. 21–27.
- Гаврилов А.А.* Водораздельные узлы – ключевые элементы строения и факторы развития горных областей // Вестник КРАУНЦ. 2017а. № 1. Вып. 33. С. 67–82.
- Гаврилов А.А.* Морфотектоника окраинно-континентальных орогенных областей (юг Дальнего Востока и прилегающие территории). Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 2017б. 312 с.
- Гаврилов А.А.* Происхождение горных сооружений юга Дальнего Востока России. Ст. 2. Горные хребты // Геоморфология. 2014. № 4. С. 17–30.
- Географический атлас для учителей средней школы / Отв. ред. Л.Н. Колосова. Четвертое изд. М.: ГУГК, 1982. 238 с.
- Геологическая карта Мира. М 1:15 000 000 / Под ред. Яцкевич Б.А. ВСЕГЕИ. 2000.
- Геологическая карта России и прилегающих акваторий. М 1:2 500 000. ВСЕГЕИ, 2004.
- Герасимов И.П., Ранцман Е.Я.* Мофоструктура горных стран и их сейсмичность // Геоморфология. 1973. № 1. С. 3–13.
- Короткий А.М.* Перестройка речной сети Приморья: причины, механизмы и влияние на геоморфологические процессы // Геоморфология. 2010. № 2. С. 78–91.
- Мандельброт Б.* Фрактальная геометрия в природе. М.: Ин-тут компьютерных исследований, 2002. 656 с.
- Ранцман Е.Я., Гласко М.П.* Морфоструктурные узлы – места экстремальных природных явлений. М.: Медиа-Пресс, 2004. 223 с.
- Симонов Ю.Г.* Объяснительная морфометрия рельефа. М.: ГЕОС, 1999. 263 с.
- Соловьев В.В.* Структуры центрального типа территории СССР по данным геолого-морфологического анализа. Карта морфоструктур центрального типа территории СССР. М 1:10 000 000. Л.: ВСЕГЕИ, 1978. 110 с.
- Тимофеев Д.А.* Главные водоразделы и развитие гидросети материков // Размышления о фундаментальных проблемах геоморфологии. Избранные труды. М.: Медиа-ПРЕСС, 2011. С. 45–54.
- Философов В.П.* Основы морфометрического метода поисков тектонических структур. Саратов: Изд-во Сарат. ун-та, 1975. 232 с.
- Ханчук А.И.* Геологическое строение и развитие континентального обрамления северо-запада Тихого океана: автореф. дис. ... докт. геол.-мин. наук. М., 1993. 31 с.
- Хортон Р.Е.* Эрозионное развитие рек и водосборных бассейнов. М.: Гос. изд-во иностр. лит., 1948. 158 с.
- Худяков Г.И.* Геоморфотектоника юга Дальнего Востока. М.: Наука, 1977. 256 с.
- Юшманов В.В.* Тектономагматические концентрические комплексы. М.: Наука, 1985. 232 с.
- Ярмолюк В.В., Козловский А.М., Сальникова Е.Б., Козаков И.К., Котов А.Б., Лебедев В.И., Ээнжин Г.* Возраст Ханкайского батолита и проблемы полихронности батолитообразования в Центральной Азии // Доклады академии наук. 2013. Т. 452. № 6. С. 646–652.
- Fielding E.D.* Morphotectonic evolution of the Himalayas and Tibetan Plateau. *Geomorphology and Global Tectonics*, Summerfield M.A (Ed.), John Wiley & Sons, New-York, 2000, p 205. DOI: 10.1017/S001675680244610.
- Geomorphology of Europe.* Embleton C. (Ed.), London: Macmillan, 1984. 465 p. DOI: 10.1007/978-1-349-17346-4.
- Oberlander T.M.* The Zagros Streams: A New Interpretation of Transverse Drainage in an Orogenic Zone. *Syracuse geographical series, no. 1.* New York, Distributed by Syracuse University Press, 1965, 168 p.
- Oberlander T.M.* Origin of drainage transverse to structures in orogens. *Tectonic Geomorphology.* Morisava M., Hack J.T. (Eds.). Boston, Allen and Unwin, 1985, p. 156.
- Stokes M., Mather A.E.* Tectonic origin and evolution of a transverse drainage: the Rno Almanzora, Betic Cordillera, Southeast Spain. *Geomorphology*, 2003, vol. 50, iss. 1–3, p. 59–81. DOI: 10.1016/S0169-555X(02)00208-8.
- Vallier T.* A Geological Story of Hells Canyon. *Geomorphic Systems of North America.* Lewiston I.D., Graf W.L. (Eds.). *Geological Society of America Centennial, Special Volum 2,* Pittsburg, Islands & Rapids, 1998, p. 7–17.

Поступила в редакцию 26.02.2020

После доработки 23.05.2020

Принята к публикации 06.08.2020

A.A. Gavrilov¹

SOME FEATURES OF CORRELATION BETWEEN OROGRAPHIC ELEMENTS AND DRAINAGE NETWORK

Depending on the context it is expedient to consider watershed nodes as both points on topographic or geomorphologic maps (node top) and specific forms of relief with conformal geological content (watershed node-morphostructure – WNM) hosting the sources of watercourses and top parts of their valleys. Such approach which accents WMN as key elements of the structure, factors of development of various orogenic systems and areas of denudation in general allows a new approach to the geological-geomorphologic analysis of correlation between orographic features and network of watercourses for the territories and the issues of their formation, evolution, etc. Several main types of disharmonies have been identified: 1 – the intersection of orogenic arches and mountain ranges by rivers resulting in formation of canyon-like antecedent valleys with maximum incision; 2 – abnormally high concentration of river sources within particular WMN; 3 – remoteness of some large WNM from the areas of maximum heights of mountain ranges and rises of the territories; 4 – river captures, accompanied by the introduction of watercourses of neighboring river systems into the interfluves and the changes in plan patterns of WMN and water catchments. Using the examples of different objects and regions (Far East, Siberia, Europe, North America) it is shown that the bases of these phenomena are heterochrony and heterogeneity of the WNM of the territories, different time of WNM and drainage network formation, the presence of long-living centers of endogenous activity and granite formation, with which WNM are associated, etc.

Energy dependence of the Earth's crust uplifting makes it possible to consider WNM associated with focal morphostructures as universal elements of the structure of orogens and regions of tectonomagmatic activity being most resistant to tectonic destruction and denudation.

Key words: orogen, watershed node-morphostructure, hydraulic network, center of mountain formation process, ridge, focal system

Acknowledgements. The author thanks the reviewers for a number of useful comments, which made it possible to make the presentation of the article materials more.

REFERENCES

- Fielding E.D.* Morphotectonic evolution of the Himalayas and Tibetan Plateau. *Geomorphology and Global Tectonics*. Summerfield M.A. (ed.). John Wiley & Sons, N.-Y., 2000, 205 p. DOI: 10.1177/S001675680244610.
- Filosofov V.P.* Osnovy morfometricheskogo metoda poiskov tektonicheskikh struktur [Bases of the morphometric method of tectonic structures prospecting]. Saratov, Saratov St. Univ. Publ., 1975, 232 p. (In Russian)
- Gavrilov A.A.* Morfotektonika okrainno-kontinentalnykh orogennykh oblastey (Jug Dalnego Vostoka Rossii i prilgayushchie territorii) [Morphotectonics of the continental margin orogenic areas (the south of the Russian Far East and adjacent territories)]. Vladivostok, Pacific Oceanological Institute FEB RAS Publ., 2017, 312 p. (In Russian)
- Gavrilov A.A.* Proiskhozhdenie gornyykh sooruzheniy yuga Dalnego Vostoka [The origin of the south part of Russian Far East mountains (Paper 2. Mountain ridges)]. *Geomorfologiya*, 2014, no. 4, p. 17–30. (In Russian)
- Gavrilov A.A.* Vodorazdelnye usly – klyuchevye strukturnye elementy i factory razvitiya orogennykh oblastey [Watershead knots as key structure elements and factors of mountain area development]. *Vestnik KRAUNTS. Nauki o Zemle*, 2017, no. 1, issue 33, p. 67–82. (In Russian)
- Geografichesky atlas dlya uchitelej srednei shkoly* [The geographical atlas for high school teachers]. Edit by L.N. Kolosova. Fourth Edition. Moscow, GUGK Publ., 1982, 238 p. (In Russian).
- Geologicheskaya karta mira* [Geological map of the World]. Scale 1:15 000 000. Ed. Yatskevich B.A. VSEGEI Publ., 2000. (In Russian)
- Geologicheskaya karta Rossii i prilgayushchikh akvatorij* [Geological map of Russia and adjacent water areas]. Scale 1:2 500 000. VSEGEI Publ., 2004. (In Russian)
- Geomorphology of Europe*. Embleton C. (ed). London, Macmillan, 1984, 465 p. DOI: 10.1007/978-1-349-17346-4.
- Gerashimov I.P., Ranzman E.Ya.* Morfostruktura gornyykh stran i ikh seysmichnost [Morphostructure of mountain areas and their seismicity]. *Geomorfologiya*, 1973, no. 1, p. 3–13. (In Russian)
- Hanchuk A.I.* Geologicheskoe stroenie i razvitie kontinentalnogo obramleniya Severo-Zapada Tikhogo okeana [Geological structure and evolution of the continental frame of the North West Pacific], Extended Abstract of D.Sc. Thesis in Geology. Moscow, 1993, 31 p. (In Russian)
- Horton R.E.* Erosional development of streams and their drainage basins. Hydrophysical approach to quantitative morphology. *Bulletin of the Geological Society of America*, 1945, vol. 56, no. 3, p. 275–370
- Khudyakov G.I.* Geomorfotektonika yuga Dal'nego vostoka [Geomorphotectonics of the southern part of the Far East]. Moscow, Nauka Publ., 1977, 256 p. (In Russian)
- Korotkiy A.M.* Perestroyka rechnoy seti Primorya: prichiny, mekhanizmy i vliyanie na geomorfologicheskie protsessy [Reconfiguration of the river system in the Primorye: causes, mechanisms, influence on geomorphologic processes]. *Geomorfologiya*, 2010, no. 2, p. 78–91. (In Russian)
- Mandel'brot B.* Fraktal'naya geometriya v prirode [Fractal geometry in nature]. Moscow, Institute of computer research Publ., 2002, 656 p. (In Russian)
- Oberlander T.M.* Origin of drainage transverse to structures in orogens. *Tectonic Geomorphology*. Morisava M., Hack J.T. (eds). Boston, Allen and Unwin, 1985, 156 p.
- Oberlander T.M.* *The Zagros Streams: A New Interpretation of Transverse Drainage in an Orogenic Zone*. Syracuse geographical series, no. 1. New York, Distributed by Syracuse University Press, 1965, 168 p.

¹ V.I. Hichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Laboratory of Gravimetry, Leading Scientific Researcher, PhD. in Geology; e-mail: gavrilov@poi.dvo.ru

- Ranzman E.Ya., Glasko M.P. *Morfostrukturnye uzly – mesta ekstremalnykh yavleniy* [Morphostructural nodes as the sites of extreme events]. Moscow, Media-Press Publ., 2004, 223 p. (In Russian)
- Simonov Yu.G. *Obyasnitelnaya morfometriya reliefa* [Explanatory morphometry of relief]. Moscow, GEOS Publ., 1999, 263 p. (In Russian)
- Solov'ev V.V. *Struktury centralnogo tipa territorii SSSR. Po dannym geologo-morfologicheskogo analiza* [Central type structures of the USSR territory by data of geological and morphological analysis]. Obyasnitelnaya zapiska k karte morfostruktur zentral'nogo tipa territorii SSSR mashtaba 1:10 000 000. Leningrad, VSEGEI Publ., 1978, 110 p. (In Russian)
- Stokes M., Mather A.E. Tectonic origin and evolution of a transverse drainage: the Rio Almanzora, Betic Cordillera, Southeast Spain, *Geomorphology*, 2003, vol. 50, iss. 1–3, p. 59–81. DOI: 10.1016/S0169-555X(02)00208-8.
- Timofeev D.A. [Main watersheds and evolution of continents drainage network]. *Mysly o fundamentalnykh problemakh geomorfologii* [Thoughts about fundamental problems of geomorphology]. *Izbrannye trudy* [Selected works]. Moscow, Media PRESS Publ., 2011, p. 45–54. (In Russian)
- Vallier T.L. *Islands and Rapids: A Geologic Story of Hells Canyon Confluence*. Press, Lewis-Clark State College, Lewiston, ID, 1998, 162 p.
- Vdovina I.A., Lukashov A.A. Morfostrukturnaya otsenka erodirovannosti rudoproyavleniy Badzhalskogo olovorudnogo rayona [Morphostructural assessment of the degree of erosion of ore bodies of the Badzhalsk stanniferous field], *Vestn. Mosk. un-ta, Ser. 5, Geogr.*, 2006, no. 3, p. 21–27. (In Russian)
- Yarmolyuk V.V., Kozlovsky A.M., Salnikova E.B., Kozakov I.K., Kotov A.B., Lebedev V.I., Eenjin G. Vozrast Khangajskogo batolita i problemy polikhronnosti batolitoobrazovaniya v Tsentral'noi Azii [The age of the Khangai batholith and challenges of multistage forming batholiths in Central Asia], *Doklady Akademii nauk*, 2013, vol. 452, no. 6, p. 646–652. (In Russian)
- Yushmanov V.V. *Tektonomagmaticheskiye kontsentricheskiye komplekсы* [Tectonic-magmatic concentric complexes]. Moscow, Nauka Publ., 1985, 232 p. (In Russian)

Received 26.02.2020

Revised 23.05.2020

Accepted 06.08.2020