



УДК 55(571. 53)

DOI <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.31.26>

Трансформация геосистем Предбайкалья

Т. И. Коновалова

*Иркутский государственный университет, Институт географии им. В. Б. Сочавы
СО РАН, г. Иркутск, Россия*

Аннотация. Подчеркивается необходимость решения проблем оценки и прогноза изменений окружающей среды регионов, повышения качества научно-информационной базы для целей управления региональным развитием. Указывается на особую актуальность исследования трансформации геосистем района Предбайкалья, расположенного на стыке Байкальской рифтовой, Алтае-Саянской орогенической зон и Сибирской платформы. Рассматриваются различные представления о трансформации систем, приводятся результаты комплексной реконструкции трансформации геосистем региона с учетом как климатических, так и тектонических преобразований. Показывается, что основные механизмы и особенности трансформации геосистем Предбайкалья связаны с воздействием неотектонических процессов. Отмечается, что преобразование геосистем проходит независимо от расположенных рядом областей платформы, нарушается их подчинение вышестоящей по иерархическому уровню геосистеме. Предлагается расширить площадь, занятую Байкальской природной территорией, за счет включения в ее состав районов платформы, подверженных интенсивной трансформации. Исследование основано на использовании теоретического и практического многолетнего опыта разработок в области системных исследований географической среды геодинамически активных территорий.

Ключевые слова: геосистема, тектонические преобразования, климат, механизмы трансформации, ландшафтные рубежи.

Для цитирования: Коновалова Т. И. Трансформация геосистем Предбайкалья // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2020. Т. 31. С. 26–47. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.31.26>

Введение

Принято считать, что климатические и геоботанические факторы являются ведущими в выявлении особенностей преобразования геосистем. Но изучение на их основе является дискуссионным, когда необходимо установить трансформацию геосистем, расположенных вблизи центров тектонической активности. Особую актуальность исследование приобретает для района Байкальской природной территории. Одним из основных критериев для отнесения оз. Байкал к объектам всемирного природного наследия ЮНЕСКО стали уникальность одноименной рифтовой системы, которая определила его формирование, а также развитие интенсивных неотектонических процессов. В соответствии с требованиями конвенции ЮНЕСКО «Об охране всемирного культурного и природного наследия» был принят Федеральный закон от 01.05.1999 № 94-ФЗ «Об охране озера Байкал», в котором

введено понятие Байкальской природной территории (БПТ). На БПТ представлены:

1) центральная экологическая зона – территория, которая включает в себя озеро Байкал с островами, прилегающую к оз. Байкал водоохранную зону, а также особо охраняемые природные территории, прилегающие к оз. Байкал;

2) буферная экологическая зона – территория за границами центральной экологической зоны, включающая в себя водосборную площадь оз. Байкал в пределах территории Российской Федерации;

3) экологическая зона атмосферного влияния – территория вне водосборной площади оз. Байкал в пределах территории Российской Федерации шириной до 200 км на запад и северо-запад от него, на которой расположены хозяйственные объекты, деятельность которых оказывает негативное воздействие на уникальную экологическую систему оз. Байкал.

Главная задача исследования заключалась в формировании представления о механизмах трансформации геосистем Предбайкалья, в пределах которого расположена экологическая зона атмосферного влияния. Она совпадает с окраиной Сибирской платформы (Иркутский амфитеатр) и находится на границе Байкальской рифтовой зоны (БРЗ) и Восточного Саяна. На этой территории сочетаются разнообразные геодинамические режимы, а именно: слабоактивной платформы, типичной области материкового рифтогенеза, предрифтового режима, а также орогенической области [Солоненко, 1990]. Здесь ранее были проведены палеогеографические, неотектонические, геоморфологические, геоботанические, ландшафтные исследования, мелкомасштабное и локальное крупномасштабное картографирование ландшафтов, их компонентов и антропогенных нарушений. Наряду с этим практически не установлены факторы, специфика и направление трансформации геосистем района изучения, модификация которых может усилить негативное воздействие на окружающую среду БПТ.

В основу работы положены материалы многолетних исследований геосистем Сибири. Выявление характера трансформации геосистем в позднем кайнозое базировалось на синтезе опубликованных данных о тектоническом строении и развитии территории рассматриваемого района, изменении климата (в том числе и с учетом итогов реализации международного проекта «Байкал-бурение»). Научные изыскания проведены на основе методов комплексных физико-географических исследований, сравнительно-географического, полевых маршрутных наблюдений, дешифрирования космических снимков с искусственных спутников Земли Landsat 8 (OLI), Quick Bird, данных теплового спектрального канала i4 радиометра VIIRS спутника NOAA-20. При анализе воздействия тепловых эндогенных потоков на геосистемы района использована опубликованная информация о результатах измерения температур в скважинах и определения величин геотермических градиентов. Также применен картографический метод (анализ геологических карт, карт неотектоники) и т. д.

Объект исследования – территория Предбайкалья.

Современное состояние исследований трансформации геосистем

В настоящее время понятие «трансформация» связано с представлением о преобразовании, изменении вида или существенных свойств. Отмечается, что трансформация геосистем свойственна всем иерархическим уровням, имеет временной и пространственный характер и определяется свойством связей [Ноговицын, 2016].

В исследовании трансформации геосистем геодинамически активных регионов существенным, на наш взгляд, является суждение о трех типах связей: вещественном (при котором происходит трансформация системой полученного вещества), энергетическом (выраженном в форме химических связей, тепла и др.), информационном. Связь элементов и подсистем обеспечивается посредством физических полей (гравитационного, электромагнитного), волновых процессов (в газообразных, жидких, твердых средах и на их границах), давления (например, литосферных плит или ледников), переноса вещества [Арманд, 1988; Ретеем, 1981]. Основное значение имеют процессы, возникающие при передаче энергии с помощью волн и массопереноса, особенно в тектонически активных районах.

Информационная связь, в отличие от первых двух, не зависит от количества вещества и энергии; решающим здесь оказывается внутреннее разнообразие системы [Wilson, Wilson, 1965]. Утверждается, что информация – мера упорядоченности структуры. Передача информации происходит по направлению сверху вниз, по уровням иерархии [Арманд, 2003], в результате чего все подчиненные геосистемы изменяются согласно преобразованию вышестоящей геосистемы. К примеру, признаки геома (ландшафта) сохраняются во всех группах фаций и качественно изменяются в процессе эволюции [Сочава, 1978]. Во время проявления сверхбыстрых процессов за конечный промежуток времени (время обострения) неограниченно возрастает энергия и концентрация вещества и энергии. В этих условиях строгое подчинение вышестоящей структуре нарушается.

Преобразование природных систем имеет волновой характер: стационарные периоды сменяются резкими, относительно короткими промежутками времени, когда происходит новое видообразование. Учеными рассматриваются вопросы влияния 370–450-тысячелетнего гравитационного цикла обращения Солнечной системы вокруг ближайшего центра звездного скопления [Benson, Rakis-Elbied, Bonaduce, 1991; Шабельников, 1992], который проявляется в колебаниях (до сотни метров) уровня океана. Доктор геолого-минералогических наук, заведующий отделом климата и биосферы Государственного научно-исследовательского института охраны природы Арктики и Севера В. А. Зубаков выдвигает предположение об эрозионно-тектонических рубежах, которые являются причиной изменений глобального климата и эволюционных взрывов в развитии органического мира. Он выделяет пять таких рубежей в интервале от 10 до 1,5 млн лет, которые представлены как гиперледниковьями, так и гипермежледниковьями длительностью в 1,6–2,2 млн лет [Зубаков, 2009].

Академик Ф. А. Летников [2012] подчеркивает, что на протяжении 4 млрд лет на процесс развития планеты Земля дополнительно накладываются внешние гравитационные силы, порожденные взаимодействием гиперсистемы Солнце – Земля – Луна. В результате этого Земля испытывает воздействие извне, следствием которого становятся процессы перемещения и напряжения общепланетарного масштаба в верхней части мантии и земной коре. Отмечается, что климатические и неотектонические преобразования, как правило, происходили синхронно с климатическими, вызывали развитие резонансных явлений и в конечном итоге привели к эволюционным преобразованиям геосистем [Коновалова, Ноговицын, 2017].

Исследованию взаимодействия колебаний с близкой частотой и их влияния на формирование ландшафтной структуры посвящены работы Н. А. Гвоздецкого, А. Д. Арманда, Ю. Г. Пузаченко, Б. В. Виноградова. Так, А. Д. Арманд [1996] полагал, что ритм колебаний генетически связан с прогрессией размеров отдельных горных пород, разбитых трещиноватостью, а также габаритов тектонических блоков кристаллического фундамента платформ, ограниченных линиями разломов. Указывается [Гвоздецкий, 1977], что если у систем, связанных между собой физически или информационно, осцилляции близки по частоте, то происходит их синхронизация. Пучок близких по частоте колебательных процессов переходит к единому ритму, взаимно усиливаясь.

По наблюдениям авторов [Neef, 1967; Исаченко, 1991], характер системных взаимоотношений меняется в ходе исторического развития. Любое преобразование дает некий импульс, который приводит к усилению воздействия предшествующего изменения. Это остается в новом облике геосистемы, образуя условие для следующего импульса независимо от того, куда был направлен предыдущий. Попадая под влияние этих преобразований, даже обратимый процесс может приобрести несвойственное ему направление развития и в результате не вернуться к исходному состоянию. Благодаря пространственной мобильности вещества побочные последствия такого развития могут быть обнаружены даже в отдаленных окрестностях. Для менее долговечных геосистем топологического уровня вековые и внутривековые циклы оказываются необратимыми.

Возможность необратимых изменений определяется положением ландшафта в пространстве «бассейна устойчивости». Чем ближе к границе, тем меньше усилий потребуются для осуществления необратимых изменений, поэтому одинаковое антропогенное воздействие на различные ландшафты вызывает разные последствия. С точки зрения трансформации геосистем процессы изменений рассматриваются на поверхностном и на глубоком уровнях [Dilts, 1998]. Необратимые преобразования связаны с глубоким уровнем и вызваны, как правило, изменением литогенной основы, климата, активности тектонических процессов. Такого же мнения придерживаются и другие авторы [Vos, Meekes, 1999; Marcucci, 2000], которые отмечают, что трансформация геосистем связана с преобразованием макрочерт литогенной основы, неоднократной сменой ландшафтов под влиянием существенного

изменения климата, а также с современной модификацией литогенной основы под воздействием экзогенных и эндогенных процессов.

Иную позицию представляют В. Б. Сочава и А. А. Крауклис. Они считают, что поступление солнечной радиации и влаги является необходимым условием сохранения или изменения геосистемы, поскольку за их счет происходят преобразования ее структуры [Сочава, 1974]. Для геосистем планетарной и региональной размерности солнечное излучение выступает доминирующим источником прихода энергии. Однако значение радиационного баланса значительно меняется в геосистемах топологической размерности из-за воздействия мезо- и микрорельефа, петрологического состава горных пород, особенностей растительного покрова, почв [Крауклис, 1979]. Дополнительное поступление энергии происходит за счет внутреннего тепла Земли, но этот источник может учитываться на топологическом уровне только в районах крупных разломов, проявления вулканической деятельности, выхода термальных вод.

Таким образом, существуют различные представления о механизмах трансформации геосистем. Вместе с тем ряд ведущих географов и геологов отмечают существенную роль тектонических процессов в трансформации геосистем геодинамически активных регионов, влияния космических факторов на активизацию тектонических и климатических преобразований.

Обсуждение результатов исследования

Анализ научных публикаций показал, что большинство исследователей связывают происходящие изменения природной среды территории южной части Сибирской платформы с развитием процессов аридизации и усилением континентальности климата. Этот подход согласуется с общепринятым представлением о том, что в пределах платформ трансформации климата и растительного покрова более значительны по своим масштабам, чем изменения в крупных формах рельефа, поэтому их учет имеет особое значение. Вместе с тем расположение района исследований на границе геодинамически активных зон обусловило необходимость комплексной реконструкции трансформации геосистем региона с учетом как климатических, так и тектонических преобразований.

Считается, что Сибирская платформа на всех этапах своего развития отличалась высокой динамичностью [Арчegov, 2010]. В начале протерозоя завершилось формирование блоковой структуры платформы. Значительные структурные перестройки, зафиксированные крупными перерывами в осадконакоплении, относятся к рифейскому, венд-нижнепалеозойскому, среднепалеозойскому, верхнепалеозой-мезозойскому и кайнозойскому структурно-формационным комплексам. Формации этих комплексов образуют структурные этажи, соответствующие байкальскому, каледонскому, герцинскому и мезозойскому циклам тектогенеза. В относительно однородных участках платформенного чехла – «ячейках» решетки, заданной разломами разных стадий развития платформы, формировались морфологически отличные структурные элементы рельефа.

Трансформацию геосистем рассмотрим подробно для периодов кайнозойской эры, когда между их компонентами начали складываться связи, подобные современным.

Климат раннего и среднего палеогена вплоть до олигоцена напоминал современный средиземноморский. Средние температуры января (t°_I) не опускались ниже $+8^{\circ}\text{C}$, июля (t°_{VII}) достигали $+40^{\circ}\text{C}$, годовая сумма осадков ($\Sigma_{\text{мм}}$) составляла около 2000 мм с максимумом в зимнее время. Высокая температура и сухость воздуха летом затрудняли вегетацию растений и тем самым способствовали распространению вечнозеленой жестколистной древесной и кустарниковой растительности паркового типа: дубов, лавровых, миртовых и др. [Синицын, 1980].

С середины олигоцена (орогенный этап) интенсивность развития орогенического процесса и климатических изменений резко возрастает. Начинают формироваться Байкал и горные сооружения, окружающие его [Кайнозойские отложения ... , 1993]. Эпоха знаменуется изменением климата: понижением средней январской температуры на 3°C и годовой суммы атмосферных осадков на 300 мм. Тропические элементы флоры, сформировавшиеся в условиях средиземноморского климата, заменяются широколиственными крупнотравными листопадными лесами. С этим связана крупная региональная трансформация геосистем. В течение большей части миоцена на протяжении 18 млн лет средняя январская температура понизилась на 1°C . В состав раннемиоценовой флоры входили представители хвойных и широколиственных пород: тсуга, пихта, дуб, липа и др.

В конце миоцена – начале плиоцена происходит очередная трансформация геосистем Предбайкалья, обусловленная новым этапом тектонических преобразований. Около 5–6 млн лет назад наступила собственно рифтовая стадия развития будущего Байкала. Она совпала с началом последнего этапа горообразования в Восточном Саяне, который сопровождался поднятием гор, излиянием лав, интенсивным эрозионным расчленением и неоднократным оледенением высоко поднятых участков вдоль фланга Байкальского рифта. Считается, что в этот период деформации, связанные с Индо-Азиатской коллизией, распространились до южного выступа Сибирской платформы и активизировали процессы горообразования вдоль юго-западной границы платформы, которая являлась упором для продвижения деформаций [Uplift age and rates ... , 2007].

Активный орогенез также проявился и в пределах платформы. Ее фундамент был разбит разломами на блоки, которые испытывали вертикальные движения большой амплитуды, существенно влияя на формирование зон аккумуляции или денудации. На юге территории был высоко поднят выступ докембрийского кристаллического фундамента платформы – северо-восточная часть Восточного Саяна, который был приращен к каледонским структурам гор [Спижарский, 1958]. Происходит заметное похолодание климата с последующей его аридизацией (t°_I $0...+3^{\circ}\text{C}$; t°_{VII} $+30^{\circ}\text{C}$; $\Sigma_{\text{мм}}$ 1200–1000 мм). Формируется умеренный климат со средними летними температурами на 7°C ниже предыдущих показателей, с постепенным уве-

личением сухости и четкой сезонной дифференциацией. Параллельно с этими изменениями трансформируется и литогенетический тип осадков: происходит смена господствующей среды осадконакопления с кислой на щелочную, уменьшение содержания глинистого материала в осадочных толщах, накопление в бассейнах седиментации извести; практически прекращается угленакпление. В краевых прогибах платформы наблюдается накопление молассовых толщ.

Тектонические и климатические деформации вызывают в плейстоцене очередную региональную трансформацию геосистем. Значительные амплитуды вертикальных движений блоков фундамента платформы наряду с развитием ее горного обрамления определяют формирование отдельных массивов на месте сплошной лесной зоны и их постепенное уменьшение в размерах. На юге региона распространяются формации сосновых боров, березняков, приспособленных к более интенсивному солнечному освещению, к возросшей сухости и зимним заморозкам. В южных аридных областях усиление континентальности климата, дифференциация рельефа и новый тип литологического состава пород вызывают сокращение поверхностного стока, замещение лесов степями. В это время, по мнению Н. В. Думитрашко и Н. В. Каманина [1946], формируется Байкало-Алтайский лесостепной комплекс.

В плейстоцене начавшаяся активизация тектонических процессов существенно усиливается. Происходят изменения климата, связанные с увеличением ледового покрова Полярного бассейна, и мощные поднятия с амплитудой до 2000 м, обусловленные развитием БРЗ. Подъем хребтов привел к возникновению орографических преград, оказавших влияние на развитие Сибирского антициклона. Климат характеризуется продолжительной и холодной зимой, умеренным летом ($t^{\circ}_I -5 \dots -10 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $t^{\circ}_{VII} +15 \dots +20 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $\Sigma_{\text{мм}} 600\text{--}800 \text{ мм}$). Формируются хвойные леса таежного типа. Плейстоцен – узловым этапом дифференциации таежных типов геосистем региона от темнохвойно-таежных в предгорьях и на возвышенных участках плоскогорья до светлохвойно-таежных на большей части региона. Характерны появление и длительное сохранение снежного покрова, способствующего выхолаживанию и иссушению воздуха ($t^{\circ}_I -25 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $t^{\circ}_{VII} +15 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $\Sigma_{\text{мм}} 400\text{--}600 \text{ мм}$); происходит повсеместное развитие многолетней мерзлоты. С ней сопряжено формирование ерников, развитых на северо-востоке региона (до верховий р. Илги).

Голоцен ознаменовался наиболее значительной по сравнению с другими этапами активизацией тектонических процессов, связанной с развитием Байкальской рифтовой зоны и альпийской эпохой тектогенеза. Для горного обрамления платформы в районе исследований характерен единый механизм горо- и рифтообразования, что способствует усилению геодинамических процессов. Отмечается, что основная роль в преобразовании территории принадлежит южному выступу Сибирской платформы, который оказывает давление на смежные области коры и мантии. Горы надвигаются на платформу [Upper mantle structure ... , 2006]. Иркутский амфитеатр – жесткий блок Сибирской платформы – при этом сравнивают с носом ледокола, в движении деформирующего перед собой ледовое покрытие с образованием в нем зон растяжения и сжатия [Воронов, 1968].

Одной из таких зон является Предсаянский прогиб. Северные склоны Восточного Саяна поднимаются над Предсаянским прогибом крутым уступом высотой 600–800 м. В реках, стекающих в прогиб, образуются внутренние дельты. В результате вдоль подножия Саяна сформировалась заболоченная аллювиальная равнина шириной в несколько десятков километров. Расположение Присаянского прогиба в районе древнейшего на Земле зеленокаменного пояса рифтогенного генезиса свидетельствует о том, что в верхней мантии под краевой частью Сибирской платформы периодически возникает зона аномальной мантии, которая возбуждает и генерирует в земной коре рифтообразующие процессы. Наблюдается формирование рифтогенного режима развития территории. Он сопряжен с Шарьжалгайским выступом платформы. Смещение рифтогенных процессов на территорию восточной части прогиба усиливает динамичность протекающих здесь процессов. Сам прогиб испытывает постоянное опускание и растяжение. Разлом является активным [Slemmons, Depolo, 1986; Allen, Homewood, 1986; DeCelles, Giles, 1996].

В составе отложений преобладают терригенные толщи, в том числе и соленосные, также распространены известняки. Как правило, характерна последовательная миграция осей прогибов в сторону платформы [Stille, 1955; Sella, Dixon, Mao, 2002; Allen, Jackson, Walker, 2004; Royden, Karner, 1984]. Перенос жидкости в предгорных прогибах происходит в направлении происходящих деформаций. В результате как вода, так и рассолы могут мигрировать на большие расстояния. Температура под складчатой областью намного выше и тем самым значительно ослабляет литосферу [Bethke, Marshak, 1990; Priestley, McKenzie, 2006].

Это в значительной мере определяет характер трансформации геосистем. Возрастание значений и концентрация вещества и энергии в геосистеме нарушают ее строгое подчинение вышестоящей структуре. Так, судя по показателям атмосферного увлажнения, на большей части района исследований должна быть распространена подтайга с островами степей, для которой свойственно умеренное увлажнение, вместе с тем это таежная территория. Опускание территории способствует расширению площади заболоченных пространств в районе прогиба. Поэтому геосистемы характеризуются развитием деструктивных процессов в их преобразовании: усиливающимся заболачиванием, физическим и химическим разрушением осадочных карбонатных, лессовидных и других отложений, засолением почв.

Учет влияния Восточного Саяна на геосистемы Среднесибирского плоскогорья дал основание В. Б. Сочаве и его соавторам сместить границу Южно-Сибирской горной области на 140 км севернее до среднего течения Ангары [Сочава, Ряшин, Белов, 1963]. Это объяснялось тем, что метеоэнергетика и геохимия части Среднесибирского плоскогорья в значительной мере определяется ландшафтообразующим влиянием гор, по отношению к которым она представляет нижнюю ступень вертикальной поясности.

В районе исследований также фиксируется влияние БРЗ. Ее расширение оказывает давление на жесткий кристаллический фундамент платфор-

мы. Глубинные рифтогенные процессы распространяются в более ослабленной форме от границы Байкальской рифтовой зоны на 450 км вглубь территории, затрагивая Лено-Ангарское плато [Золотарев, Савинский, 1978]. Утверждается, что здесь сформировалась предрифтовая зона. В ее пределах амплитуды вертикальных движений выше, чем на платформах, а сами области поднятий и опусканий образуют линейные складки основания; широко развиты разрывные нарушения, и доминирующим типом является сдвиговый тип деформаций со сбросовой или взбросовой компонентой; тепловой поток отличается от платформенного, а кровля астеносферы находится на глубинах от 80 до 100 км, что существенно отличает области предрифтового режима от платформенных областей [Грачев, 1966] (рис. 1).



Рис. 1. Рельеф Предбайкалья в зоне воздействия БРЗ. Космический снимок ИСЗ NOAA-20 (VIIRS radiometer; thermal spectral channel i4)

Амплитуда дифференцированных новейших движений в пределах предрифтовой зоны Предбайкалья достигла 1000 м. По разломам и валам Верхоленинского блока зафиксированы тепловые аномалии: Жигаловский вал – $5,44 \cdot 10^{-6}$ Дж/(см²·с), Усть-Кутский вал – $6,70 \cdot 10^{-6}$ Дж/(см²·с) [Лысак, 1988]. Здесь температура при вскрытии соленосного горизонта на глубине 1130 м достигает 40,7 °С, хотя не должна превышать 24,7 °С, свойственного смежным районам Сибирской платформы. На северо-востоке плато вдоль разломов теплопроводность горных пород по разрезу в доломитах $8,5 \cdot 10^{-3}$ кал/(см·с·град.), а в переслаивающихся с каменной солью засоленных доломитах $11,6 \cdot 10^{-3}$. Все это свидетельствует об активизации неотектонических процессов в пределах северной и северо-восточной частей Предбайкалья.

Считается, что на формирование рельефа Предбайкалья оказывали воздействие волновые движения, субпараллельные Байкальской горной обла-

сти, что рисунок гидросети фиксирует скаты волны эпейрогенических колебаний и совпадает с сетью региональных тектонических разломов и трещин [Адаменко, 1971; Уфимцев, Щетников, Филинов, 2010].

С положительной волной эпейрогенических движений, которая охватывала бассейн Верхней Лены 70–50 тыс. л. н., авторы связывают прекращение стока из Байкала в бассейн Лены. Особенности рисунка современной гидросети подтверждают этот вывод. Так, в верховьях Лена и ее притоки сначала текут в юго-западном направлении, затем притоки после слияния с р. Ленной поворачивают на север. Киренга и ее правый приток Ханда также сначала текут на юго-запад, а затем – на север.

Разломы Сибирской платформы заложены главным образом в архее и раннем протерозое. К древним разломам приурочена долина Ангары, в ее районе сосредоточены границы блоков земной коры, с которыми сопряжена зона концентрации границ геосистем регионального уровня дифференциации. В районах сочленения блоков земной коры вдоль разломов происходят тектонические смещения, фиксируются активные процессы миграции вещества, к ним приурочены зоны высокого конвективного выноса тепла, структурно-формационных замещений, выклинивания литологических тел, изменения проницаемости пород.

В пределах платформы по геолого-геофизическим данным выявлена древняя субмеридиональная Саяно-Таймырская разломная зона [Розен, 2003]. Здесь также находится активный Жигаловский глубинный разлом, разделяющий разновозрастные блоки фундамента платформы. Вследствие своей древности и инертности Саяно-Таймырская разломная зона гораздо слабее, чем активные разломы, проявляется в пространственных рубежах геосистем. Вместе с тем в районе ее пересечения с Жигаловским разломом сформировался крупный надвиг – разрывное смещение горных пород, который развился в условиях интенсивного сжатия, возникшего под воздействием БРЗ. Это способствовало образованию на севере Лено-Ангарского плато наиболее возвышенной его части, которая отличается высокой неотектонической активностью. Происходит формирование горного рельефа, развитие темнохвойной тайги и подгольцовых геосистем [Коновалова, Ноговицын, 2017].

Гидроклиматические исследования, проведенные в Предбайкалье, продемонстрировали устойчивый рост годовых температур воздуха со скоростью 0,2–0,5 °С/10 лет, превышающий показатели для Северного полушария; тенденцию к снижению величин годовых сумм осадков [Тенденции гидроклиматических ... , 2012]. Характерной чертой современного изменения климата является учащение и усиление экстремальных погодных явлений вследствие увеличения числа случаев атмосферных блокирований, обуславливающих нарушение западного переноса, что создает условия для развития экстремальных погодных ситуаций. В результате над территорией Предбайкалья все чаще отмечаются экстремальные засушливые периоды.

В настоящее время в Предбайкалье возникли противоречия в характере воздействия на геосистемы климатических и тектонических факторов. Изменение климата, с одной стороны, определило дальнейшее развитие сложившейся в голоцене региональной экспансии светлохвойных лесов. С дру-

гой стороны, преобразования геосистем, связанные с дальнейшим воздыманием горных систем вокруг Байкала, восточной части Восточного Саяна и отдельных районов предрифтовой зоны, обусловили дальнейшее функционирование темнохвойной тайги на возвышенных участках и формирование подгольцовых геосистем в пределах Лено-Ангарского плато, а также усиление процессов аридизации климата в связи с развитием эффекта барьерной тени.

Геосистемы восточной части Иркутского амфитеатра платформы существенно отличаются от расположенных на левобережье Ангары. Для них характерно несоответствие геосистемам высших подразделений регионального и планетарного уровня, в связи с чем на Среднесибирском плоскогорье была выделена Байкало-Джугджурская горно-таежная область [Сочава, Ряшин, Белов, 1963]. Расчлененный «полугорный» рельеф, горный режим рек, элементы высотной поясности, тектонические и морфоструктурные особенности плато послужили основой для отнесения восточной части Иркутского амфитеатра к этой структуре. Ее граница была проведена по западным отрогам Лено-Ангарского плато в районе Ангаро-Окинского междуречья. Это подтверждается также проведенными исследованиями, итогом которых явились ландшафтные карты и схема районирования исследуемой территории (рис. 2).

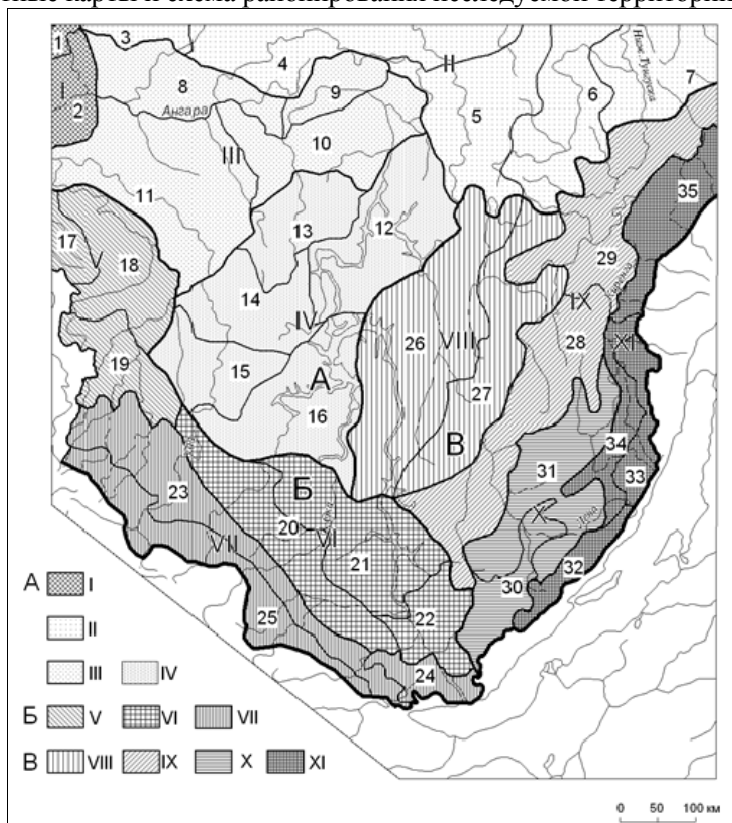


Рис. 2. Схема районирования Предбайкалья.
А, Б, В – физико-географические области; I–XI – провинции; 1–35 – округа

АРКТО-БОРЕАЛЬНАЯ СЕВЕРОАЗИАТСКАЯ ГРУППА ОБЛАСТЕЙ**А. СРЕДНЕСИБИРСКАЯ****ТАЕЖНО-ПЛОСКОГОРНАЯ**

I. ЕНИСЕЙСКОГО КРЯЖА ГОРНАЯ ТЕМНОХВОЙНО-ТАЕЖНАЯ: 1 – Большепитский сильнорасчлененных возвышенностей влажных и теплых местообитаний горно-таежный елово-пихтовый с кедром травяной (черневая тайга) в сочетании с южнотаежными темнохвойными кустарничково-мелкотравно-зеленомошными лесами на архейских и нижнепротерозойских кристаллических и метаморфических породах (гнейсах, кристаллических сланцах, мраморах, гранулитах) с сезоннопромерзающими грунтами; 2 – Тасеевский возвышенно-равнинный сильноденудированный влажных и теплых условий местообитаний горно-таежный южносибирский темнохвойный на архейских и нижнепротерозойских кристаллических и метаморфических породах (гнейсах, кристаллических сланцах, мраморах, гранулитах) и сосновый подтаежный на террасах крупных рек с четвертичными отложениями с сезоннопромерзающими грунтами.

II. ТУНГУССКАЯ РАВНИННАЯ СРЕДНЕТАЕЖНАЯ СВЕТЛОХВОЙНАЯ: 3 – Верхнетеряжский останцово-денудационных трапповых плато холодных и влажных условий местообитаний среднетаежный светлохвойный кустарничково-зеленомошный в сочетании с горно-таежными пихтово-кедровыми травяно-зеленомошными лесами на верхнепалеозойских траппах с островным развитием многолетней мерзлоты; 4 – Подкаменно-Тунгусский останцово-денудационных трапповых плато холодных и влажных условий местообитаний среднетаежный лиственничный травяно-моховый на верхнепалеозойских траппах с островным развитием многолетней мерзлоты; 5 – Ката-Катангский останцово-денудационных плато и равнин контрастных гидротермических условий среднетаежный лиственничный кустарничково-зеленомошный в сочетании с южнотаежными равнинными кедрово-моховыми лесами на песчаниках, алевролитах каменноугольной системы и верхнепалеозойских траппах с островным развитием многолетней мерзлоты; 6 – Ерема-Кочеминский низких плато с распространенными трапповыми формами холодных и влажных условий местообитаний среднетаежный светлохвойный кустарничково-зеленомошный в сочетании с горно-таежными пихтово-кедровыми травяно-зеленомошными лесами на верхнепалеозойских траппах с повсеместным развитием многолетней мерзлоты; 7 – Чона-Нижнетунгусский плоских низких междуречий холодных и влажных условий местообитаний среднетаежный лиственничный с примесью ели ерниковый и сосновый осоково-голубично-моховый на юрских и кембрийских песчаниках, алевролитах с повсеместным развитием многолетней мерзлоты.

III. НИЖНЕПРИАНГАРСКАЯ РАВНИННАЯ ЮЖНОТАЕЖНАЯ ТЕМНОХВОЙНАЯ: 8 – Ангаро-Чадобецкий плоских плато, расчлененных глубокой эрозией влажных условий местообитаний темнохвойно-таежный травяно-зеленомошный на юрских песчаниках с островным развитием многолетней мерзлоты; 9 – Ката-Чадобецкий возвышенных плато с массивами траппов влажных и контрастных тепловых условий темнохвойно-таежный травяно-зеленомошный с фрагментами горно-таежных южносибирских пихтовых с елью травяно-моховых групп фаций на триасовых вулканогенных породах (туфобрекчиях, туффитах, туфопесчаниках) с островным развитием многолетней мерзлоты; 10 – Кова-Илимский на юрских песчаниках возвышенных плато, глубоко расчлененных речными долинами с массивами траппов, влажных и контрастных тепловых условий южнотаежный темнохвой-

ный травяно-зеленомошный с островным развитием многолетней мерзлоты; 11 – Бирюсинско-Мурунский низкоравнинный контрастных гидротермических условий южнотаежный темнохвойный и сосново-лиственничный среднетаежный на песчаниках, алевролитах, гравелитах, известняках ордовикской системы с островным развитием многолетней мерзлоты.

IV. СРЕДНЕПРИАНГАРСКАЯ ВОЗВЫШЕННО-РАВНИННАЯ ЮЖНОТАЕЖНАЯ ТЕМНОХВОЙНАЯ: 12 – Илимский возвышенных равнин влажных и прохладных условий местообитаний южнотаежный темнохвойный мелкотравно-зеленомошный на песчаниках, алевролитах каменноугольной системы с островным развитием многолетней мерзлоты; 13 – Эдучанкинский возвышенно-равнинный контрастных условий местообитаний южнотаежный темнохвойный мелкотравно-зеленомошный в сочетании с равнинными среднетаежными осоково-голубично-моховыми сосняками на песчаниках, алевролитах, доломитах силурийской системы с островным развитием многолетней мерзлоты; 14 – Топорокский возвышенно-равнинный контрастных гидротермических условий подтаежный сосновый в сочетании с южнотаежными темнохвойными геосистемами на песчаниках, алевролитах, гравелитах, известняках ордовикской системы с островным развитием многолетней мерзлоты; 15 – Илирско-Топорокский возвышенно-равнинный контрастных условий местообитаний южнотаежный темнохвойный мелкотравно-зеленомошный в сочетании с горно-таежными темнохвойными травяно-моховыми группами оптимального развития на трапах и песчаниках, алевролитах, доломитах силурийской системы с островным развитием многолетней мерзлоты; 16 – Ангарский невысоких поднятий Ангарского кряжа с небольшими траповыми холмами контрастных гидротермических условий южнотаежный темнохвойный и сосновый подтаежный по долинам рек и низким водоразделам на песчаниках, алевролитах, доломитах силурийской системы с островным развитием многолетней мерзлоты.

Б. ЮЖНО-СИБИРСКАЯ ГОРНАЯ ОБЛАСТЬ

V. КАНСКО-АЧИНСКАЯ ОСТЕПНЕННАЯ ПОДГОРНО-ПОДТАЕЖНАЯ: 17 – Усолкаский подгорно-равнинный сухих и теплых условий местообитаний подтаежный сосновый травяно-брусничный в сочетании с разнотравно-крупнозлаковыми подгорными североазиатскими степями на песчаниках, алевролитах каменноугольной системы с сезоннопромерзающими грунтами; 18 – Бирюсинский приподнятых равнин сухих и теплых условий местообитаний лиственнично-сосновый и мелколиственный травяной в сочетании с крупнозлаковыми ковыльно-житняковыми центральноазиатскими степями на юрских песчаниках и известняках девонской системы с сезоннопромерзающими грунтами; 19 – Канский подгорный приподнятых равнин сухих и теплых условий местообитаний сосново-мелколиственный травяной в сочетании с горно-таежными южносибирскими светлохвойными травяно-брусничными лесами и фрагментами разнотравно-крупнозлаковых луговых степей североазиатского типа на юрских песчаниках и известняках девонской системы с сезоннопромерзающими грунтами.

VI. ВЕРХНЕПРИАНГАРСКАЯ ПОДГОРНАЯ ПОДТАЕЖНАЯ И СТЕПНАЯ: 20 – Уда-Китойский озерно-аллювиальный равнинный внутренних дельт контрастных условий местообитаний подгорный подтаежный сосновый и болотный кустарничково-осоково-моховый на юрских песчаниках и четвертичных отложениях с островным развитием многолетней мерзлоты; 21 – Ангаро-Окинский равнинный сухих и теплых условий местообитаний сосновый травяной подтаежный и лугово-степной разнотравно-крупнозлаковый на юрских песчаниках и кембрийских карбонатных отложениях с сезоннопромерзающими грунтами; 22 – Оса-Кудинский рав-

нинный слаборасчлененный сухих и теплых условий местообитаний сосновый травяной подтаежный на юрских песчаниках с сезоннопромерзающими грунтами.

VII. ПРЕДСАЯНСКАЯ ГОРНО-ТАЕЖНАЯ ТЕМНОХВОЙНАЯ: 23 – Туманшет-Иркутный невысоких, слаборасчлененных хребтов с округлыми гребнями, значительно приподнятых над равниной, холодных и влажных условий местообитаний горно-таежный темнохвойный кустарничково-мелкотравно-зеленомошный ограниченного развития на кембрийских терригенных отложениях с островным развитием многолетней мерзлоты; 24 – Ангаро-Китойский озерно-аллювиальных равнин и плоских междуречий горно-таежный сосновый рододендроновый травяно-брусничный на юрских песчаниках с сезоннопромерзающими грунтами; 25 – Тагул-Иркутный горный с округлыми вершинами междуречий горно-таежный темнохвойный баданово-чернично-зеленомошный редуцированного развития на протерозойских кристаллических сланцах, кварцитах, алевролитах с островным развитием многолетней мерзлоты.

V. БАЙКАЛО-ДЖУГДЖУРСКАЯ ГОРНО-ТАЕЖНАЯ ОБЛАСТЬ

VIII. ИЛИМСКАЯ ТЕМНОХВОЙНО-ТАЕЖНАЯ ПЛОСКОГОРНАЯ: 26 – Ангаро-Коченгинский невысокого плато влажных и прохладных условий местообитаний южнотаежный темнохвойный травяно-зеленомошный на песчаниках ордовикской системы с островным развитием многолетней мерзлоты; 27 – Кута-Верхнеилимский плоскогорный сильно расчлененный речными долинами контрастных условий местообитаний горно-таежный пихтово-кедровый кустарничково-мелкотравно-зеленомошный на алевролитах и красноцветных отложениях ордовика с островным развитием многолетней мерзлоты.

IX. ЛЕНСКАЯ ПЛОСКОГОРНАЯ ТЕМНОХВОЙНО-ТАЕЖНАЯ: 28 – Илга-Таюрский высокого сводообразного плато глубоко расчлененный долинами рек влажных и холодных условий местообитаний горно-таежный кедровый с елью кустарничково-мелкотравно-зеленомошный по вершинам водоразделов в сочетании с горно-таежными лиственничными с примесью ели, кедра кустарничково-моховыми редуцированного развития группами фаций на алевролитах и красноцветных отложениях ордовика с повсеместным развитием многолетней мерзлоты; 29 – Тауро-Витимский приленского плато с небольшими поднятиями влажных и прохладных условий местообитаний южнотаежный пихтово-елово-кедровый голубично-мелкотравно-зеленомошный на алевролитах и красноцветных отложениях ордовика с островным развитием многолетней мерзлоты.

X. ОНОТСКАЯ ОСТЕПНЕННАЯ ПОДГОРНО-ПОДТАЕЖНАЯ: 30 – Куда-Ангинский подгорно-долинный сухих и теплых гидротермических условий сосново-лиственничный злаково-разнотравный остепненный и мелкодерновинно-злаковый степной в сочетании с галофитными группами фаций на песчаниках, глинах неогеновой системы и соленосных, карбонатных и гипсовых отложений кембрия с сезоннопромерзающими грунтами; 31 – Илга-Верхнегутурский предгорный холмисто-грядовый холодных и сухих условий местообитаний горно-таежный лиственничный с примесью кедра, ели ерниковый на кембрийских терригенных отложениях с повсеместным развитием многолетней мерзлоты.

XI. ПРЕДБАЙКАЛЬСКАЯ ГОРНО-ТАЕЖНАЯ ТЕМНОХВОЙНАЯ: 32 – Лено-Бугульдейский предгорный полого-холмистых возвышенностей влажных и прохладных условий местообитаний южнотаежный пихтово-кедровый чернично-травяно-зеленомошный на кембрийских терригенных отложениях с сезоннопромерзающими грунтами; 33 – Окунайско-Верхленский предгорный полого-холмистых возвышенностей холодных и влажных условий местообитания таежный листвен-

нично-елово-кедровый кустарничково-мелкотравно-зеленомошный на кембрийских терригенных отложениях с повсеместным развитием многолетней мерзлоты; 34 – Анга-Ульканский предгорный равнинный со слабовыпуклыми междуречьями холодных и влажных условий местообитания таежный кедрово-лиственничный с примесью ели кустарничково-моховый на кембрийских терригенных отложениях с повсеместным развитием многолетней мерзлоты; 35 – Лено-Большечуйский предгорный холмисто-грядовых возвышенностей холодных и влажных условий местообитания таежный елово-кедровый с лиственницей кустарничково-зеленомошный на протерозойских кристаллических сланцах, алевролитах, песчаниках с повсеместным развитием многолетней мерзлоты.

Геосистемы Предбайкалья в зоне воздействия рифтогенных и орогенических процессов слабоустойчивы и подвержены быстрым трансформациям, связанным с перераспределением энергии и вещества, происходящим в сфере воздействия геодинамически активных зон (рис. 3).

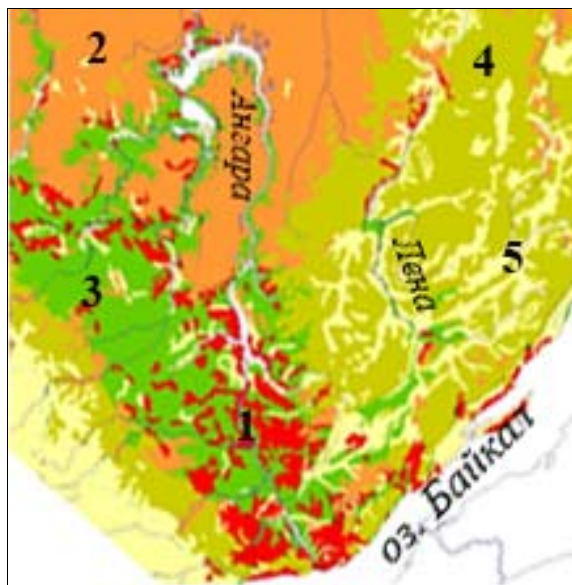


Рис. 3. Устойчивость геосистем. Категории устойчивости: 1 – очень высокая; 2 – высокая; 3 – средняя; 4 – низкая; 5 – очень низкая.

Очень высокая категория устойчивости – лугово-степные геосистемы североазиатского типа. *Высокая* – светлохвойно-таежные равнинные; подгорные гидроаккумулятивные болотные и луговые. *Средняя* – светлохвойные травяные подтаежные равнинные; темнохвойно-таежные геосистемы наиболее возвышенных участков Лено-Ангарского плато и Восточного Саяна. *Низкая* – темнохвойно-таежные геосистемы низкогорий Лено-Ангарского плато; таежные лиственничные с кедром и елью плоских низких междуречий. *Очень низкая* категория устойчивости – сухостепные центральноазиатского типа; светлохвойно-еловые редкостойные ерниковые геосистемы речных долин и макропонижий с широким развитием мерзлотных процессов и заболачивания.

Ранее отмечалось, что критерием для отнесения БПТ к объектам всемирного природного наследия ЮНЕСКО стали уникальность одноименной рифтовой системы и развитие интенсивных неотектонических процессов. В этой связи предрифтовую и предорогенную зону, которая вовлечена в процесс развития и расширения БРЗ, целесообразно отнести к территории БПТ. С одной стороны, будут учтены уникальные механизмы формирования и преобразования геосистем района исследований, связанные с трансформацией вещества и энергии в зоне совместного проявления рифтогенных и орогенических процессов, с другой – усилена деятельность по охране слабостойчивых ландшафтов, подверженных быстрым преобразованиям. Их утрата существенно усилит негативное воздействие на уникальную экологическую систему оз. Байкал. Границы зоны предлагается провести по рубежам Байкало-Джугджурской физико-географической зоны, представленной на схеме районирования района исследований.

Заключение

Таким образом, анализ истории формирования и развития геосистем Предбайкалья показывает, что их трансформация проходила в значительной мере под влиянием тектонических процессов, связанных с двумя геодинамически активными зонами – Байкальской рифтовой и Восточно-Саянской. Основные механизмы изменения геосистем были сопряжены с трансформацией вещества, энергии, обусловленной их воздействием. В значительной мере связь геосистем и их компонентов определялась посредством гравитационных полей, волновых процессов формирования рельефа, вертикальных движений литосферных плит, давления жесткого фундамента платформы, расширяющейся БРЗ, горной системы, надвигающейся на платформу. Информационные связи, учет которых важен при исследовании процесса организации геосистем, здесь также детерминирован спецификой блоковой структуры платформы, ее реакцией на неотектонические преобразования. В этих условиях строгое подчинение геосистем вышестоящей структуре нарушено, в результате чего в пределах Среднесибирского плоскогорья, развитого на Сибирской платформе, сформировались геосистемы, которые относятся к двум различным физико-географическим областям – Среднесибирской плоскогорной и Байкало-Джугджурской горно-таежной. Преобразованиям подвержены геосистемы регионального уровня организации.

Исследование выполнено за счет средств государственного задания (№ госрегистрации темы АААА-А17-117041910167-0) и при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-05-00253

Список литературы

- Адаменко О. М. Плоскогорья и низменности Восточной Сибири / ред. Н. А. Флоренсов. М. : Наука, 1971. 320 с.
- Арманд А. Д. Самоорганизация и саморегулирование географических систем. М. : Наука, 1988. 260 с.

Арманд А. Д. Время в географических науках // Конструкция времени в естествознании: на пути к пониманию феномена времени. Ч. 1. Междисциплинарное исследование. М. : Изд-во Моск. ун-та, 1996. С. 201–233.

Арманд А. Д. Самоорганизация и геосистемы // Самоорганизация и геодинамика геоморфосистем : материалы XXVII Пленума геоморфол. комиссии РАН. Томск : Изд-во Ин-та оптики атмосферы СО РАН, 2003. С. 24–30.

Арчegov В. Б. Строение, нефтегазоносность и факторы контроля зональных скоплений углеводородов в древних комплексах Сибирской платформы // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2010. Т. 5, № 3. С. 1–13.

Воронов П. С. Очерки о закономерностях морфометрии глобального рельефа Земли. Л. : Наука, 1968. 124 с

Гвоздецкий Н. А. Некоторые соображения о возможных путях развития системных исследований в физической географии // Вопросы географии. Сб. 104. Системные исследования природы. М. : Мысль, 1977. С. 61–67.

Грачев А. Ф. Основные проблемы новейшей тектоники и геодинамики Северной Евразии // Физика Земли. 1966. № 12. С. 5–36.

Думитрашко Н. В., Каманин Л. Г. Палеогеография Средней Сибири и Прибайкалья // Труды Института географии АН СССР. 1946. Вып. 37. С. 21–31.

Золотарев А. Г., Савинский К. А. Предрифтовая структурная зона в Прибайкалье // Геология и геофизика. 1978. № 8. С. 60–68.

Зубаков В. А. О тектонической подоплеке истории климата и органического мира полярных областей в плиоцене и плейстоцене // Геология полярных областей Земли : материалы XLII Тектонического совещания. Т. 1. 2009. С. 215–220.

Исаченко А. Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М. : Высшая школа, 1991. 370 с.

Кайнозойские отложения. Карта. М-б 1:2500000 // Байкал. Атлас. М. : ГУГК, 1993. С. 28–29.

Коновалова Т. И., Ноговицын В. Н. Пространственно-временные преобразования геосистем Лено-Ангарского плато // Известия Иркутского государственного университета. Сер. Науки о Земле. 2017. Т. 21. С. 68–79.

Крауклис А. А. Проблемы экспериментального ландшафтоведения. Новосибирск: Наука, 1979. 232 с.

Летников Ф. А. Глубинные флюиды континентальной литосферы // Флюидный режим эндогенных процессов континентальной литосферы. Иркутск, 2015. С. 11–41.

Лысак С. В. Тепловой поток континентальных рифтовых зон. Новосибирск : Наука, 1988. 199 с.

Тенденции гидроклиматических изменений на Байкальской природной территории / Е. В. Максютова, Н. В. Кичигина, Н. Н. Воропай, А. С. Балыбина, О. П. Осипова // География и природные ресурсы. 2012. №4. С. 72–80.

Ноговицын В. Н. Трансформация геосистем Лено-Ангарского плато // Известия Иркутского государственного университета. Сер. Науки о Земле. 2016. Т. 17. С. 135–145.

Ретеюм А. Ю. Исследование хорионов как предпосылка природопользования // География и природные ресурсы. 1981. № 2. С. 3–18.

Розен О. М. Сибирский кратон: тектоническое районирование, этапы эволюции // Геотектоника. 2003. № 3. С. 3–21.

Синицын В. М. Природные условия и климаты территории СССР в раннем и среднем кайнозое. Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1980. 104 с.

Солоненко В. П. Проблемы сейсмогеологии восточной части Трансзиатской сейсмической зоны // Геодинамика внутриконтинентальных горных областей. Новосибирск : Наука, 1990. С. 210–218.

Сочава В. Б. Геотопология как раздел учения о геосистемах // Топологические аспекты учения о геосистемах. Новосибирск : Наука, 1974. С. 3–86.

- Сочава В. Б.* Введение в учение о геосистемах. Новосибирск : Наука, 1978. 320 с.
- Сочава В. Б., Ряшин В. А., Белов А. В.* Главнейшие природные рубежи в южной части Восточной Сибири и Дальнего Востока // Доклады Института географии Сибири и Дальнего Востока. 1963. Вып. 4. С. 19–24.
- Спижарский Т. Н.* Сибирская платформа // Геологическое строение СССР. М. : Недра, 1958. Т. 3. С. 35–48.
- Шабельников А. В.* Воздействие космофизических факторов на климат и биосферу // Биофизика. 1992. Вып. 2. С. 372–375.
- Уфимцев Г. Ф., Щетников А. А., Филинов И. А.* Последний эрозионный врез в речных долинах юга Восточной Сибири // Геология и геофизика. 2010. Т. 51. № 9. С. 815–819.
- Allen M., Jackson J., Walker R.* Late Cenozoic reorganization of the Arabia-Eurasia collision and the comparison of short-term and long-term deformation rates // *Tectonics*. 2004. Vol. 23. TC2008. <https://doi.org/10.1029/2003TC001530>, 200.
- Allen P. A., Homewood P.* Foreland basins: an introduction // *Foreland Basins*. Spec. Publ. Int. Assoc. Sedimentol. 1986. Vol. 8. P. 3–12.
- Benson R. H., Rakis-Elbied K., Bonaduce G.* An important current reversal in the Rifien corridor at the Tortonian-Messinian boundary // *Palaeoceanography*. 1991. Vol. 6, N 1. P. 164–192.
- Bethke Craig M., Marshak S.* Brine migrations across North America-the plate tectonics of groundwater // *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 1990. Vol. 18. P. 287–315.
- DeCelles P. G., Giles K. A.* Foreland basin systems // *Basin Research*. 1996. Vol. 8, N 2. P. 105–123.
- Dilts R.* The Law of Requisite Variety: Why Flexibility is Important for Success in a Changing World. NLP University Press, Scotts Valley, CA, 1998. 55 p.
- Marcucci D. J.* Landscape history as a planning tool // *Landscape and Urban Planning*, 2000. N 49. P. 67–81.
- Neef E.* Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre. Gotha-Leipzig : Verlag Hermann Haack, 1967. 152 p.
- Priestley K., McKenzie D.* The thermal structure of the lithosphere from shear wave velocities // *Earth and Planetary Science Letters*. 2006. Vol. 244. P. 285–301.
- Pristley K., Debayle E., McKenzie D., Pilidou S.* Upper mantle structure of Eastern Asia from multimode surface waveform tomography // *J. of Geophysical Research*, 2006. Vol. 111, N 10. P. 93–111.
- Royden L., Karner G.* Flexure of lithosphere beneath Apennine and Carpathian foredeep basins: evidence for an INS ufficient topography load // *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.* 1984. Vol. 68. P. 704–712.
- Sella G. F., Dixon T. H., Mao A.* A model for recent plate velocities from space geodesy // *J. Geophys. Res.* 2002. Vol. 107, N B4. P. 2081.
- Slemmons D. B., Depolo C. M.* Evaluation of active faulting and associated hazards // *Active Tectonics* / R. E. Wallace (ed.). Washington : National Academy Press, 1986. P. 45–62.
- Stille H.* Das Verteilungsbild der Assyntischen Faltungen // *Geologie*. 1955. Vol. 4. N 3. P. 219–222.
- Uplift age and rates of the Gurvan Bogd system (Gobi-Altay) by apatite fission track analysis / R. Vassallo, M. Jolivet, J. F. Ritz, R. Braucher, Ch. Larroque, C. Sue, M. Todbileg, D. Javkhlanbold // *Earth and Planetary Science Letters*. 2008. Vol. 259 (3–4). P. 333–346.
- Vos W., Meekes H.* Trends in European cultural landscape development: perspectives for a sustainable future // *Landscape and Urban Planning*, 1999. N 46. P. 3–14.
- Wilson I. G., Wilson M. E.* Information, computers, and system design. Wiley, 1965. 341 p.

Transformation of Pre-Baikal Geosystems

T. I. Konovalova

Irkutsk State University, V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. Solving the problems of assessing and predicting changes in the environment of regions, improving the quality of the scientific and information base for the purposes of managing regional development is the basis of modern geographical research. Identification of the leading factors in the transformation of geosystems is complicated by the need to take into account climatic and geodynamic changes. The study of the transformation of geosystems is particularly relevant for the pre-Baikal region, located at the junction of the Baikal rift, Altai – Sayan orogenic zones and the Siberian platform. The article deals with various ideas about the transformation of systems, and presents the results of a comprehensive reconstruction of the transformation of geosystems in the region, taking into account both climatic and tectonic transformations. It is shown that the main mechanisms and features of transformation of pre-Baikal geosystems are related to the impact of neotectonic processes. It is noted that the transformation of geosystems takes place regardless of the adjacent areas of the platform, and their subordination to the higher hierarchical level of the geosystem is violated. Geosystems are subject to rapid transformations associated with the redistribution of energy and matter occurring in the sphere of influence of geodynamically active zones. It is proposed to expand the Baikal natural territory by including areas of the platform that are subject to intensive transformation. The research is based on the use of theoretical and practical experience of many years of development in the field of system studies of the geographical environment of geodynamically active territories.

Keywords: geosystem, tectonic transformations, climate, transformation mechanisms, landscape boundaries.

For citation: Konovalova T.I. Transformation of Pre-Baikal Geosystems. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2020, vol. 31, pp. 26-47. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2020.31.26> (in Russian)

References

- Adamenko O.M. *Ploskogor'ya i nizmennosti Vostochnoj Sibiri* [Plateaus and lowlands of Eastern Siberia]. Moscow, Nauka Publ. 1971, 320 p.
- Armand A.D. *Samoorganizaciya i samoregulirovanie geograficheskikh system* [Self-organization and self-regulation of geographical systems]. Moscow, Nauka Publ., 1988, 260 p.
- Armand A.D. *Vremya v geograficheskikh naukah* [Time in geographical Sciences]. *Construction of time in natural science: on the way to understanding the phenomenon of time. Part I. Interdisciplinary research*. Moscow : Moscow Publ. House, 1996, pp. 201-233.
- Armand A.D. *Samoorganizaciya i geosistemy* [Self-organization and geosystems]. *Self-organization and geodynamics of geomorphosystems. Materials of the XXVII Plenum of the geomorphological Commission of the Russian Academy of Sciences*. Tomsk, Publ. of the Institute of atmospheric optics SB RAS, 2003, pp. 24-30.
- Archegov V.B. *Stroenie, neftegazonosnost i faktory kontrolya zonal'nyh skople-nij uglevodorodov v drevnih kompleksah Sibirskoj platformy* [Structure, oil and gas content and control factors of zonal hydrocarbon accumulations in ancient complexes of the Siberian platform] *Oil and Gas Geology. Theory and practice*. 2010, vol. 5, no. 3, pp. 1-13.
- Voronov P. S. *Ocherki o zakonornostyah morfometrii globalnogo reliefa Zemli* [Essays on the regularities of morphometry of the earth's global topography]. Leningrad, Nauka Publ., 1968, 124 p.
- Gvozdeckij N.A. *Nekotorye soobrazheniya o vozmozhnyh putyah razvitiya sistemnykh issledovaniy v fizicheskoy geografii* [Some considerations about possible ways to develop system

research in physical geography]. *Questions of geography. Ser. 104. System studies of nature*, Moscow, Thought Publ., 1977, pp. 61-67.

Grachev A.F. *Osnovnye problemy novyejshej tektoniki i geodinamiki Severnoj Evrazii* [Main problems of the latest tectonics and geodynamics of Northern Eurasia]. *Earth Physics*, 1966, no. 12, pp. 5-36.

Dumitrashko N.V., Kamanin L.G. *Paleogeografiya Srednej Sibiri i Pribajkal'ya* [Paleogeography of Central Siberia and the Baikal region]. *Proceedings of the Institute of geography of the USSR Academy of Sciences*, 1946, vol. 37, pp. 21-31.

Zolotarev A.G., Savinskij K.A. Predriftovaya strukturnaya zona v Pribajkalie [Pre-drift structural zone in the Baikal region]. *Geology and Geophysics*, 1978, no. 8, pp. 60-68.

Zubakov V. A. O tektonicheskoj podopleke istorii klimata i organicheskogo mira polyarnyh oblastej v pliocene i plejstocene. Geologiya polyarnyh oblastej Zemli [On the tectonic background of the history of the climate and organic world of the polar regions in the Pliocene and Pleistocene]. *Geology of the polar regions of the Earth. Materials of the XLII Tectonic meeting*, 2009, vol. 1, pp. 215-220.

Isachenko A.G. *Landshaftovedenie i fiziko-geograficheskoe rajonirovanie* [Landscape studies and physical and geographical zoning]. Moscow Higher school Publ., 1991, 370 p.

Kajnozoijskie otlozheniya. Karta. M-b 1:2 500 000 [Cenozoic deposits. Map. 1:2 500 000]. *Baikal. Atlas*. Moscow, GUGK Publ., 1993, pp. 28-29.

Konovalova T.I., Nogovicyn V.N. Prostranstvenno-vremennye preobrazovaniya geosistem Leno-Angarskogo plato [Space-time transformations of geosystems of the Leno-Angarsk plateau]. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2017, vol. 21, pp. 68-79.

Krauklis A.A. *Problemy eksperimentalnogo landshaftovedeniya* [Problems of experimental landscape studies]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1979, 232 p.

Letnikov F.A. Glubinnye flyuidy kontinentalnoj litosfery. Flyuidnyj rezhim endogennyh processov kontinental'noj litosfery [Deep fluids of the continental lithosphere]. *Fluid regime of endogenous processes in the continental lithosphere*. Irkutsk, 2015, pp. 11-41.

Lysak S.V. *Teplovoj potok kontinental'nyh riftovyh zon* [Thermal flow of continental rift zones]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1988, 199 p.

Maksyutova E. V., Kichigina N. V., Voropaj N. N., Balybina A. S., Osipova O. P. Tendencii gidroklimaticeskikh izmenenij na Bajkal'skoj prirodnoj territorii [Trends of hydroclimatic changes in the Baikal natural territory]. *Geography and natural resources*, 2012, no. 4, pp. 72-80.

Nogovicyn V. N. Transformaciya geosistem Leno-Angarskogo plato [Transformation of geosystems of the Leno-Angarsk plateau]. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2016, vol. 17, pp. 135-145.

Retyum A. Yu. Issledovanie horionov kak predposylka prirodopolzovaniya [Research of chorions as a prerequisite for nature management]. *Geography and natural resources*, 1981, no. 2, pp. 3-18.

Rozen O. M. Sibirskij kraton: tektonicheskoe rajonirovanie, etapy evolyucii [Siberian craton: tectonic zoning, stages of evolution]. *Geotectonics*, 2003, no. 3, pp. 3-21.

Sinicyn V. M. *Prirodnye usloviya i klimaty territorii SSSR v rannem i sred-nem kajnozoe* [Natural conditions and climates of the territory of the USSR in the early and middle Cenozoic]. Leningrad, Leningrad Univ. Publ., 1980, 104 p.

Solonenko V. P. Problemy seismogeologii vostochnoj chasti Transaziatskoj sejsmicheskoj zony [Problems of seismogeology of the Eastern part of the TRANS-Asian seismic zone]. *Geodynamics of inland mountain regions*. Novosibirsk, Nauka Publ., 1990, pp. 210-218.

Sochava V.B. Geotopologiya kak razdel ucheniya o geosistemah [Geotopology as a section of the doctrine of geosystems]. *Topological aspects of the doctrine of geosystems*. Novosibirsk, Nauka Publ., 1974, pp. 3-86.

- Sochava V.B. *Vvedenie v uchenie o geosistemah* [Introduction to the doctrine of geosystems]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1978, 320 p.
- Sochava V.B., Ryashin V.A., Belov A.V. *Glavnejshie prirodnye rubezhi v yuzhnoj chasti Vostochnoj Sibiri i Dal'nego Vostoka* [The main natural boundaries in the southern part of Eastern Siberia and the Far East]. *Reports of the Institute of geography of Siberia and the Far East*, 1963, vol. 4, pp. 19-24.
- Spizharskij T.N. Sibirskaya platforma [Siberian platform]. *Geological structure of the USSR*. Moscow, Nedra Publ., 1958, vol. 3, pp. 35-48.
- Shabelnikov A.V. Vozdejstvie kosmofizicheskikh faktorov na klimat i biosferu [The influence of cosmophysical factors on the climate and biosphere]. *Biophysics*, 1992, vol. 2, pp. 372-375.
- Ufimcev G.F., Shchetnikov A.A., Filinov I.A. Poslednij erozionnyj vrez v rechnyh dolinah yuga Vostochnoj Sibiri [The last erosional cut in the river valleys of the South of Eastern Siberia]. *Geology and Geophysics*, 2010, vol. 51, no. 9, pp. 815-819.
- Allen P.A., Homewood P. Foreland basins: an introduction. *Foreland Basins. Spec. Publ. Int. Assoc. Sedimentol.*, 1986, vol. 8, pp. 3-12.
- Allen M., Jackson J., Walker R. Late Cenozoic reorganization of the Arabia-Eurasia collision and the comparison of short-term and long-term deformation rates. *Tectonics*, 2004, vol. 23, TC2008. <https://doi.org/10.1029/2003TC001530>, 200.
- Benson R.H., Rakis-Elbied K., Bonaduce G. An important current reversal in the Rifien corridor at the Tortonian-Messinian boundary. *Palaeoceanography*, 1991, vol. 6, no. 1, pp. 164-192.
- Bethke Craig M., Marshak S. Brine migrations across North America-the plate tectonics of groundwater. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, 1990, vol. 18, pp. 287-315.
- DeCelles P.G., Giles K.A. Foreland basin systems. *Basin Research.*, 1996, vol. 8, no. 2, pp. 105-123.
- Dilts R. *The Law of Requisite Variety: Why Flexibility is Important for Success in a Changing World*. NLP University Press, Scotts Valley, CA, 1998, 55 p.
- Marcucci D.J. Landscape history as a planning tool. *Landscape and Urban Planning*, 2000, no. 49, pp. 67-81.
- Neef E. *Die theoretischen Grundlagen der Landschaftslehre*. Gotha-Leipzig, Verlag Hermann Haack, 1967, 152 p.
- Pristley K., Debayle E., McKenzie D., Pilidou S. Upper mantle structure of Eastern Asia from multimode surface waveform tomography. *J. of Geophysical Research*, 2006, vol. 111, no. 10, pp. 93-111.
- Priestley K., McKenzie D. The thermal structure of the lithosphere from shear wave velocities. *Earth and Planetary Science Letters*, 2006, vol. 244, pp. 285-301.
- Slemmons D.B., Depolo C.M. Evaluation of active faulting and associated hazards. *Wallace R.E. (ed.). Active Tectonics*. Washington, National Academy Press, 1986, pp. 45-62.
- Royden L., Karner G. Flexure of lithosphere beneath Apennine and Carpathian foredeep basins: evidence for an INS sufficient topography load. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.*, 1984, vol. 68, pp. 704-712.
- Vassallo R., Jolivet M., Ritz J.F., Braucher R., Larroque Ch., Sue C., Todbileg M., Javkhlanbold D. Uplift age and rates of the Gurvan Bogd system (Gobi-Altay) by apatite fission track analysis. *Earth and Planetary Science Letters*, 2008, vol. 259 (3-4), pp. 333-346.
- Sella G.F., Dixon T.H., Mao A. A model for recent plate velocities from space geodesy. *J. Geophys. Res.*, 2002, vol. 107, no. B4, 2081.
- Stille H. Das Verteilungsbild der Assynthetischen Faltungen. *Geologie*, 1955, vol. 4, no. 3, pp. 219-222.
- Wilson I.G., Wilson M.E. *Information, computers, and system design*. Wiley, 1965, 341 p.
- Vos W., Meekes H. Trends in European cultural landscape development: perspectives for a sustainable future. *Landscape and Urban Planning*, 1999, no. 46, pp. 3-14.

Коновалова Татьяна Ивановна

доктор географических наук, профессор,
заведующая, кафедра географии,
картографии и геосистемных технологий
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, Иркутск, ул. К. Маркса, 1
ведущий научный сотрудник
Институт географии им. В. Б. Сочавы
СО РАН
Россия, 664033, г. Иркутск,
ул. Улан-Баторская, 1
e-mail: konovalova@irigs.irk.ru

Konovalova Tatiana Ivanovna

Doctor of Science (Geography), Professor,
Head, Department of Geography,
Cartography and Geosystems Technology
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003,
Russian Federation
Leading Researcher
V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033,
Russian Federation
e-mail: konovalova@irigs.irk.ru

Код научной специальности: 25.00.23

Дата поступления: 13.01.2020

Received: January, 13, 2020