

Пространственно-временная трансформация геосистем впадин Байкальской рифтовой зоны

М. А. Ноговицына ✉

Институт географии СО РАН им В. Б. Сочавы, Россия
(664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1)

Аннотация. Цель исследования – выявить особенности пространственно-временной трансформации геосистем впадин Байкальской рифтовой зоны.

Материалы и методы. Работа основана на данных полевых маршрутных наблюдений, анализе тематических карт, результатах экспертной интерпретации спутниковых снимков, обобщении литературных источников с использованием исторических, ландшафтно-ориентировочных и сравнительно-географических методов, ГИС.

Результаты и обсуждение. Функционирование геосистем района исследований определяет ряд факторов: вещественно-энергетический обмен, развитие, внутренние и внешние взаимосвязи, резонанс, устойчивость. Эндогенные факторы оказывают пространственно-дифференцирующее воздействие практически на всех структурно-иерархических уровнях геосистем и являются сквозными природными агентами, контролирующими всю систему межкомпонентных взаимодействий. Преобразования под воздействием климатических и эндогенных факторов происходили синхронно и вызвали проявление резонансных явлений, которые стимулировали пространственно-временную трансформацию геосистем. С активными разломами рифтовых впадин связаны сейсмичность, вулканизм, тепловые потоки, гидротермальные процессы; разломы «контролируют» осадконакопление и положение речных долин. По зонам разломов восходящие потоки разогретого и разуплотненного мантийного вещества создают повсеместные тепловые потоки, которые непосредственно влияют как на компоненты геосистем, так и на пространственно-временную трансформацию геосистем в целом.

Выводы. Изменение вещественно-энергетического обмена геосистемы с ее средой за счет эндогенной составляющей является одним из главных факторов формирования специфики трансформации геосистем впадин Байкальской рифтовой зоны. Наиболее интенсивной трансформации подвергнуты районы воздействия плюмов, флюидов мантии, развития магматических и метаморфических пород, крупных разломов. Сочетание разнообразных геодинамических режимов материкового рифтогенеза и горообразование вызвало неоднозначный отклик геосистем на изменение климата, что определило развитие в районе исследований на близко расположенных участках темнохвойной тайги, заболоченных лиственничных редколесий с кедровым стлаником и подтаежных светлохвойных геосистем.

Ключевые слова: трансформация, геосистема, впадина, Байкальская рифтовая зона, вещественно-энергетический поток.

Источник финансирования: Исследование выполнено за счет средств государственного задания № госрегистрации темы АААА-А21-121012190056-4.

Для цитирования: Ноговицына М. А. Пространственно-временная трансформация геосистем впадин Байкальской рифтовой зоны // *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*, 2024, № 2, с. 13-19. DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/2/13-19>

ВВЕДЕНИЕ

Исследование геосистем, существующих в зоне активного рифтогенеза, является одной из актуальных задач географии, и представляет важность для познания закономерности формирования разномасштабных способов взаимодействия природных компонентов на суше и их интеграции в разнопорядковые ландшафтные системы. В настоящее время существует достаточное количество работ, посвященных вопросам изучения Байкальской рифтовой зоны как в целом, так и в частности разломной, сейсмической и новейшей структуры, тепловых потоках, аномалиях (работы Луниной О. В. [6], Новопашиной А. В., Кузьминой Е. А. [11], Лысак С. В. [7, 8],

Солоненко Н. В. [10], Флоренсов Н. А. [16], Логачева Н. А. [4], Голубева В. А. [2], Зорина Ю. А. [3], Уфимцева Г. Ф. [13, 14, 15], Мац В. Д. [9]). Однако эти работы имеют геологическую направленность. Вместе с тем выявление факторов трансформации геосистем континентальных рифтовых зон относится к сложной и слабо разработанной проблеме.

Байкальская рифтовая зона характеризуется разновозрастными структурами и резко выраженной дифференциацией климата. Вещественно-энергетический поток здесь чрезвычайно динамичен, поэтому данная территория представляет собой интересный объект для изучения. В данной работе объектами для изучения являются крупные кайнозойские сухоходольные рифтовые

© Ноговицына М. А., 2024.

✉ Ноговицына Мария Александровна, e-mail: 25051204@mail.ru



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.

впадины – Баргузинская и Тункинская. Общими чертами этих рифтовых впадин являются повсеместное утонение земной коры, четкая морфологическая выраженность, ярко выраженная «байкальская асимметрия», неоген четвертичный вулканизм, наличие крупных разломов, геофизические и тепловые аномалии, наличие крупных песчаных массивов. В целом можно сказать, что эти впадины являются аналогами в морфоструктурном отношении.

Под трансформацией геосистем понимается перестройка их структуры, обусловленная преобразующей динамикой и эволюцией и развивающаяся под воздействием модификации вещественно-энергетических потоков и информационных связей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В Тункинской впадине исследования проводились вдоль реки Иркут, реки Тунка, реки Кынгарга, массив Бадары, предгорья хребта Хамар-Дабан, Тункинские гольцы, а также в окрестностях населенных пунктов Хойто-Гол, Еловка, Хурай-Хобок, Жемчуг, Ниловка. В Баргузинской впадине были исследованы ключевые участки в южной и северной частях, подножья и отроги Баргузинского хребта, долины рек Баргузин, Гарга, Алла, Аргада, Ина, Шаманка; Верхний куйтун, Лесной куйтун. Особое внимание на территории впадин уделялось выходам термальных вод. Исследования включали в себя комплексные физико-географические описания местности, маршрутное профилирование, съемка местности с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

В целом работа основывается на данных полевых маршрутных наблюдений, анализе тематических карт (в т.ч. геологических), результатов дешифрирования космических снимков Landsat-8 (OLI), NOAA-20 (тепловой спектральный канал i4 радиометра VIIRS), обобщения литературных источников, с использованием исторического, ландшафтно-индикационного и сравнительно-географического, ГИС методов.

При анализе воздействия тепловых эндогенных потоков на геосистемы района исследований использовалась опубликованная информация результатов измерения температур в скважинах и определения величин геотермических градиентов, полученная сотрудниками Института земной коры СО РАН.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Свойства геосистем, с одной стороны, определяются процессами, которые протекают непосредственно в геосистеме, с другой – процессами, происходящих в глубинах Земли и мировом пространстве. Функционирование геосистем обусловлено, во-первых, взаимным воздействием составляющих ее компонентов, во-вторых, процессом переноса вещества и энергии из одной части системы в другую. Поэтому обмен веществом и энергией между компонентами геосистем является фактором, который определяет ее внутреннее единство.

Трансформация геосистем в пределах территории в позднем кайнозое в значительной мере была обусловлена климатическими изменениями, а также развитием Байкальской рифтовой зоны. Для территории Байкальской рифтовой зоны одним из первостепенных факторов, определяющих структуру и функционирование геосистем, наряду с климатическим, являются тектонический (эндогенный) (рис. 1). Функционирование геосистем района исследований определяет ряд факторов: вещественно-энергетический обмен, развитие, внутренние и внешние взаимосвязи, резонанс, устойчивость. Эндогенные факторы оказывают пространственно-дифференцирующее воздействие практически на всех структурно-иерархических уровнях геосистем и являются сквозными природными агентами, контролирующими всю систему межкомпонентных взаимодействий.

Согласно опубликованным данным, развитие рифтовой зоны часто связывают с выступом мантии в форме гигантской дайки, которая определяет формирование и развитие новейшей тектонической структуры – Бай-

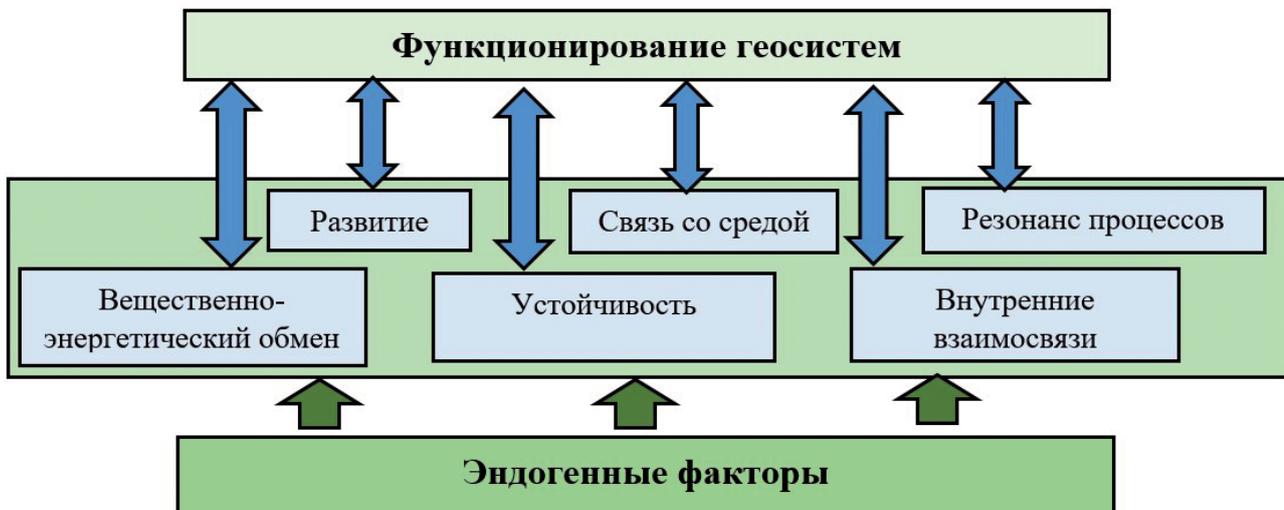


Рис. 1. Факторы функционирования геосистем впадин Байкальской рифтовой зоны (составлено автором)
[Fig.1. Factors of functioning of geosystems of the Baikal rift zone depressions (compiled by the author)]

кальской рифтовой зоны, а также преобразование вещественно-энергетических потоков [1, 13, 14, 15]. Существование значительных источников тепла и флюидов мантии подтверждены геотермическим моделированием, глубинным сейсмическим и магнитотеллурическим зондированием, гравиметрией, сейсмологией. Также на границе Мохо по геофизическим данным отмечается наличие аномальной мантии с температурой близкой к 1000-1100 °С [3, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17].

Преобразования под воздействием климатических и эндогенных факторов происходили синхронно и вызывали проявление резонансных явлений, которые стимулировали трансформацию геосистем.

Первое крупное изменение в развитии геосистем в позднем кайнозое совершается в плиоцене, когда около 5 млн. лет назад наступила собственно рифтовая стадия развития будущего Байкала. Она совпала с началом последнего этапа горообразования. Происходит разрушение сложившихся межсистемных и межкомпонентных взаимосвязей, связанное с преобразованием вещественно-энергетического механизма. В Тункинской котловине возник эпицентр вулканической активности и глубинной термогравитационной аномалии, связанный с развитием Байкальской рифтовой зоны, происходят излияния базальтов, формируя мощную вулканогенно-осадочную толщу. Резонанс рифтогенных и орогенических процессов обусловил формирование высокогорного альпийского рельефа в восточной части Восточного Саяна, поднятие хребтов вокруг Байкала. Происходит окончательное оформление Байкальской и Тункинской впадин. Это способствует дифференциации рельефа, возникновению орографических преград, развитию Сибирского антициклона, интенсивному похолоданию и аридизации климата. Сильнейшая аридизация климата способствовала широкому распространению лесостепной, степной и полупустынной растительности. Были представлены сухие степи, злаково-разнотравные луговые степи, березово-ильмовые леса с фрагментами остепненных сосновых лесов.

Следующий этап в преобразовании геосистем приурочен к плейстоцену. Он также был вызван изменением вещественно-энергетического механизма, который определил разрушение сложившихся взаимосвязей. Происходит похолодание и усиление континентальности климата, которое опять совпадает с интенсивной активизацией тектонических процессов. Этап характеризуется наступлением ледниковых эпох. Около 150-200 тыс. лет назад горы, обрамляющие котловины, достигли максимальных высот. Подъем хребтов усилил похолодание и аридизацию климата, которое сопровождалось горно-долинным оледенением. Значительные площади занимали редкостойные листовничники с подлеском из березок тощей, Миддендорфа.

Третий этап трансформации геосистем в позднем кайнозое сопряжен с эпохой голоцена. Это время становления современной физико-географической обстановки, которое ознаменовалось потеплением климата.

В голоцене сумма положительных температур постепенно увеличивалась с 800-1000 °С до 1800 °С. Сохранилась тенденция ксерофитизации климата. Для района исследований характерен единый механизм горо- и рифтообразования. Растительность на протяжении всего голоцена претерпевает изменения. В растительном покрове с начала голоцена возрастает роль сосны. Возникла тенденция сокращению площади темнохвойных лесов. Дальнейшему распространению сосны в значительной мере способствуют песчаные отложения задрового и озерного типов, которые получили развитие в ледниковый период и на современном этапе.

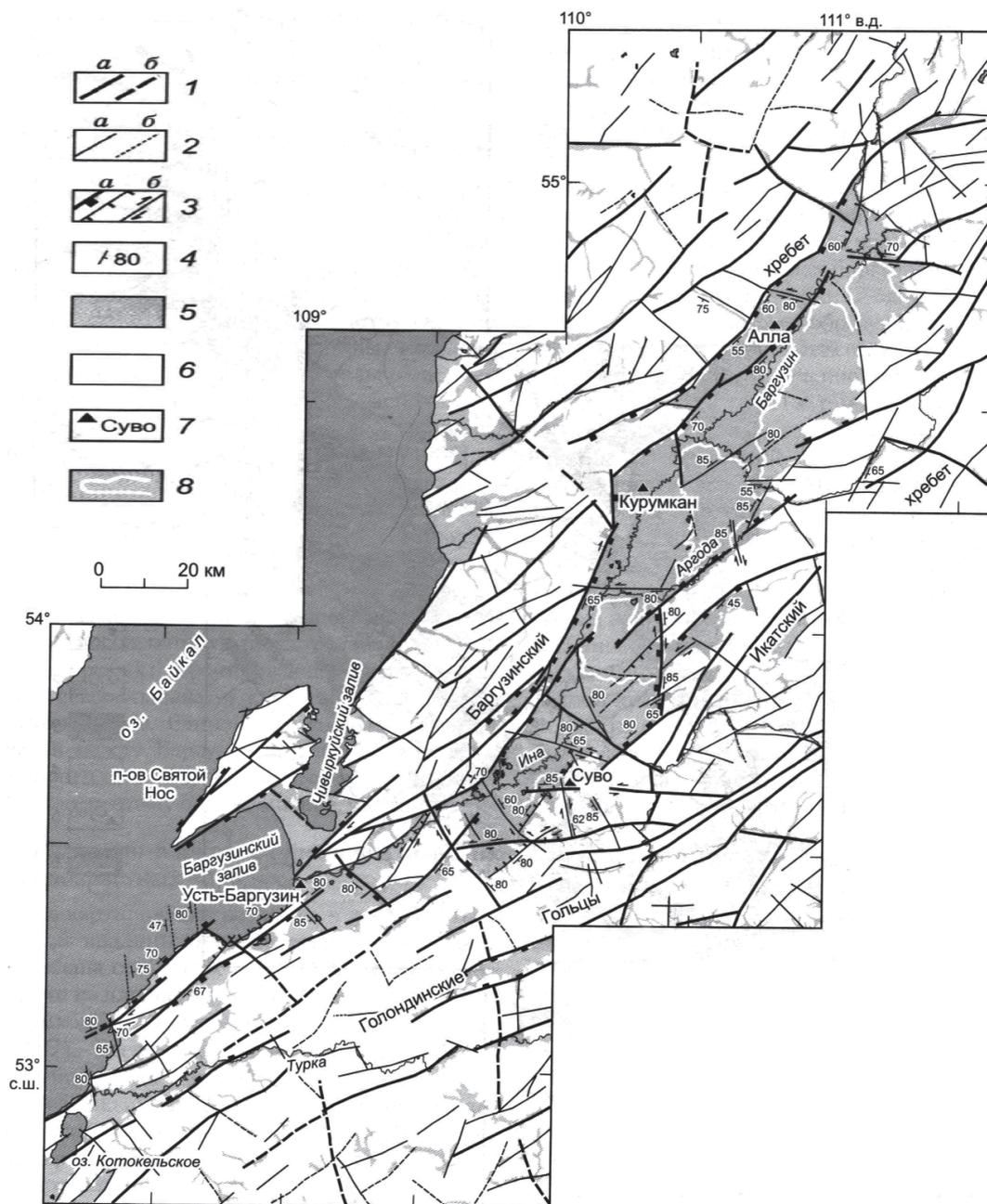
Таким образом, самоорганизация геосистем региона происходит в условиях влияния энергонесущих элементов глубинного строения Земли, что вызвало модификацию основных ее механизмов.

В геологическом строении рифтовых впадин важную роль играют разломы, которые определяют асимметричное строение впадин (рис. 2, 3). В рельефе это выражается крутым переходом южного склона хребта Тункинские гольцы в северный борт Тункинской впадины (для Тункинской впадины); в Баргузинской впадине – резким переходом склонов Баргузинского хребта к ложу Баргузинской впадины.

Так как ось наибольшего прогиба Баргузинской впадины смещена к югу, долина реки Баргузин проходит южнее Баргузинского разлома, но зачастую параллельно ему и другим, менее крупным региональным разломам. В свою очередь река Баргузин «делит» впадину на отдельные районы. Центральный район впадины занят рекой Баргузин и его притоками, отличается высокой заболоченностью и наличием множества озер. В восточной – широко представлены озовые формы рельефа и связанные с ними сухостепные геосистемы центрально-азиатского типа, являющиеся древними и существующие здесь с плиоцена.

В Тункинской впадине долина реки Иркут проходит параллельно внутривпадинным разломам регионального уровня и Южно-Тункинскому разлому, но смещена к северу за счет оси наибольшего прогиба. Центральная часть впадины осложнена реликтовым песчаным массивом Бадары. Восточнее массива Бадары расположена область молодых погружений, представленная многоозерьем вдоль среднего течения реки Тунка.

Проявление современной тектонической деятельности отражают активные разломы, с ними связаны сейсмичность, вулканизм, тепловые потоки, гидротермальные процессы. [6]. В рифтовых впадинах разломы «контролируют» осадконакопление и положение речных долин [13, 16]. По зонам разломов восходящие потоки разогретого и разуплотненного мантийного вещества создают повсеместные тепловые потоки, достигающие от 6,2 до 13,4 · 10⁻⁶ Дж/см²·с. Однако, значение каждого вида энергии не может оцениваться только количественно, т. к. эффективность энергетического потока зависит не только от мощности, но и от формы поступления (концентрированно или рассеянно, к



1 – достоверные (а) и предполагаемые (б) региональные разломы; 2 – достоверные (а) и предполагаемые (б) локальные разломы; 3- сбросы (а) и сдвиги (б); 4 – направление и угол падения разлома; 5 – впадины, заполненные кайнозойскими осадками; 6 – выходы кристаллического фундамента; 7 – населенный пункт; 8 – границы куйтунов

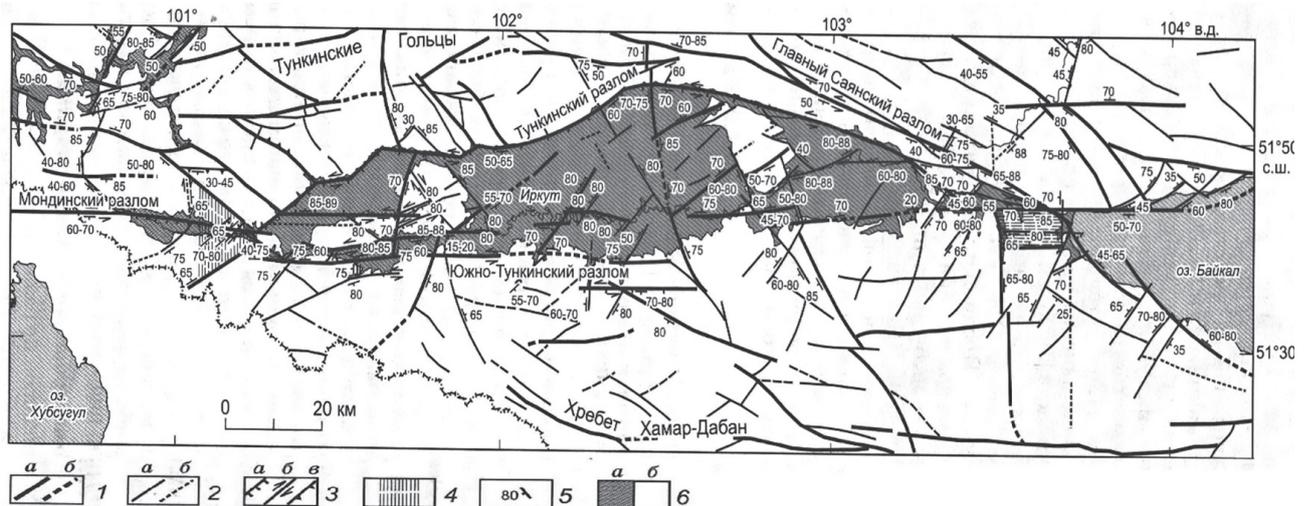
Рис. 2. Карта разломно-блокового строения земной коры Баргузинской рифтовой впадины и сопредельной территории (Лунина, 2009)

[Fig. 2. Map of the fault-block structure of the Earth's crust of the Barguzin rift depression and adjacent territory (Lunina, 2009)]

нижней или верхней границе геосферы и пр.). Вынос внутриземного тепла происходит в виде кондуктивных и конвекционных потоков: кондуктивные – за счет теплопроводности горных пород, а конвекционные – через порождаемые гидротермы [5]. По зонам разломов рифтовых впадин, зачастую в местах пересечения нарушений нескольких направлений, отмечается высокая гидротермальная активность, порой сочетаемая с выходами глубинных газов, в результате изменяется

вещественно-энергетический оборот геосистем. Таким образом, количественно небольшие потоки эндогенного происхождения являются таким же фактором, дифференцирующим природные условия, как и солнечная энергия.

В Баргузинской впадине разгрузка геотермальных и минеральных источников происходит вдоль новейших разломов, на днище впадины и подножий Баргузинского и Икатского хребтов. Здесь наблюда-



1 – достоверные (а) и предполагаемые (б) региональные разломы; 2 – достоверные (а) и предполагаемые (б) локальные разломы; 3 – сбросы (а), сдвиги (б), взбросы (в); 4 – зоны повышенной дислоцированности пород; 5 – направление и угол падения разлома; 6 – впадины, заполненные кайнозойскими отложениями (а), выходы кристаллического фундамента (б)

Рис.3. Карта разломно-блокового строения земной коры Тункинской рифтовой впадины и ее горного обрамления (Лунина, 2009)

[Fig.3. Map of the fault-block structure of the Earth's crust of the Tunka rift depression and its mountainous frame (Lunina, 2009)]

ются следующие выходы вод: сульфатно-натриевые, сульфатно-кальциевые, хлоридно-сульфатно-натриевые, гидрокарбонатные натриевые, азотные термы. В этих районах наблюдается повышенная теплообеспеченность, изменение геохимического состава, что обуславливает существование здесь подтаежных сосновых и центрально-азиатских степных геосистем. Это низкотравные и полынные литофильные, вострещовые слабозакустаренные лугово-степные, осоково-дерновинно-злаковые, разнотравно-осоково-лапчатковые.

В Тункинской впадине гидротермальная активность наблюдается вдоль новейших разломов, на днище впадины и у подножья Тункинских гольцов. Происходит разгрузка термальных (азотные, азотно-углекислые, углекисло-азотные, углекислые) и холодных вод (радоновые, сульфидные, железистые). Так же, как и для районов разгрузки вод в Баргузинской впадине, в Тункинской впадине в районах выхода вод происходит изменение геохимического состава и повышение теплообеспеченности. За счет этого создаются весьма своеобразные условия для функционирования геосистем и сохранения в их составе реликтовых компонентов (гроздовник ланцетовидный и виргинский, карагана гривастая, горечавка лежачая, эвтрема сердцелистная, пустынная красивая, прострел сомнительный, гусиный лук зернистый и др.).

Для Байкальской рифтовой зоны характерен высокий уровень тектонической активности, здесь происходит порядка 2000-3000 землетрясений в год с интенсивностью землетрясений 7-11 баллов. Нахождение Баргузинской и Тункинской впадин в сейсмоактивном поясе и резко контрастные формы рельефа предопределяют повышенную интенсивность экзогенных процессов. Здесь

гравитационные процессы и явления – оползни, обвалы, селевые потоки, курумы, снежные лавины – имеют повсеместное распространение. Так, 28 июня 2014 года в Тункинской впадине, по склонам хребта Тункинские гольцы сошли селевые потоки, сформировав аккумулятивные комплексы наносов. Обвалы и курумы возникают не только в эпицентрах землетрясений, но и на значительном удалении от них. Значительное влияние на динамичность экзогенных процессов оказывают даже землетрясения умеренной интенсивности. Результатом являются весьма динамичные условия существования геосистем рифтовых впадин [18].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изменение вещественно-энергетического обмена геосистемы с ее средой за счет эндогенной составляющей является одним из главных факторов формирования специфики трансформации геосистем впадин Байкальской рифтовой зоны. Наиболее интенсивной трансформации подвергнуты районы воздействия плюмов, флюидов мантии, развития магматических и метаморфических пород, крупных разломов.

Трансформация геосистем впадин Байкальской рифтовой зоны в позднем кайнозое проходила в значительной мере под влиянием эндогенных процессов, связанных с развитием Байкальской рифтовой зоны. Сочетание разнообразных геодинамических режимов материкового рифтогенеза и горообразование вызвало неоднозначный отклик геосистем на изменение климата, что определило развитие в районе исследований на близко расположенных участках темнохвойной тайги, заболоченных лиственничных редколесий с кедровым стлаником и подтаежных светлохвойных геосистем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бугаевский Г. Н. Сейсмологические исследования неоднородностей мантии Земли. Киев: Наукова Думка, 1978. 184 с.
2. Голубев В. А. Кондуктивный и конвективный вынос тепла в Байкальской рифтовой зоне. Новосибирск: Академическое издательство «Гео», 2007. 222 с.
3. Зорин Ю. А., Турутанов Е. Х. Региональные изостатические аномалии силы тяжести и мантийные плюмы в южной части Восточной Сибири (Россия) и в Центральной Монголии // Геология и геофизика, 2004, т. 45, № 10, с. 1248-1258.
4. Кайнозойский рифтогенез в континентальной литосфере / Логачев Н. А., Рассказов С. В., Иванов А. В. и др. // Литосфера Центральной Азии (основные результаты исследований Института земной коры СО РАН в 1992–1996 гг.), 1996. с. 57-80.
5. Коломыц Э. Г. Тихоокеанский мегаэктон Северной Евразии. Эволюционная модель континентальной биосферы. Москва: ГЕОС, 2017. 496 с.
6. Лунина О. В., Гладков А. С., Неведрова Н. Н. Рифтовые впадины Прибайкалья: тектоническое строение и история развития. Новосибирск: «Гео», 2009. 312 с.
7. Лысак С. В., Зорин Ю. А. Геотермическое поле Байкальской рифтовой зоны. Москва: Наука, 1976. 91 с.
8. Лысак С. В. Тепловой поток континентальных рифтовых зон. Новосибирск: Наука. 1988. 199 с.
9. Мац В. Д., Уфимцев Г. Ф., Мандельбаум М. М. Кайнозой Байкальской рифтовой впадины: Строение и геологическая история. Новосибирск: Издательство СО РАН, филиал «Гео», 2001. 252 с.
10. Мишарина Л. А., Солоненко Н. В. Механизм очагов землетрясений и напряженное состояние земной коры в

Байкальской рифтовой зоне // Роль рифтогенеза в геологической истории Земли, 1977, с. 120-124.

11. Новопашина А. В., Кузьмина Е. А. Плотность разломов земной коры и термальные источники в зоне миграции сейсмической активности области Амурского роя землетрясений (северо-восточный фланг Байкальской рифтовой системы) // Известия ИГУ. Серия «Науки о Земле», 2023, т. 20, с. 81-90.
12. Рогожина В. А., Кожевников В. М. Область аномальной мантии под Байкальским рифтом. Новосибирск: Наука, 1979. 104 с.
13. Уфимцев Г. Ф., Щетников А. А., Филинов И. А. Баргузинская впадина, её соотношения с Байкальским рифтом и особенности кайнозойского рифтогенеза на юге Восточной Сибири // Отечественная геология, 2010, №1, с. 32-37.
14. Уфимцев Г. Ф. Морфотектоника Евразии. Иркутск: ИГУ, 2002. 493 с.
15. Уфимцев Г. Ф. О структуре Байкальской рифтовой зоны // Геотектоника, 1987, №1, с. 93-106.
16. Флоренсов Н. А. Мезозойские и кайнозойские впадины Прибайкалья. Москва: Издательство АН СССР, 1960. 358 с.
17. Щетников А. А., Уфимцев Г. Ф. Структура рельефа и новейшая тектоника Тункинского рифта (юго-западное Прибайкалье). Москва: Научный мир, 2004. 160 с.
18. Konovalova T. I., Sizykh A. P. Transformation of geosystems on the Baikalian natural territory // International Journal of Ecosystems and Ecology Science, 2020, v. 10, no. 3, pp. 563.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Поступила в редакцию: 21.03.2023

Принята к публикации: 28.05.2024

UDC 911.2:551.4 (571.5)

DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/2/13-19>

ISSN 1609-0683

Spatial and Temporal Transformation of Geosystems of the Baikal Rift Zone Depressions

M. A. Nogovitsyna ✉

*V. B. Sochava Institute of Geography of the SB of the RAS, Russian Federation
(1, Ulaanbaatar Str., Irkutsk, 664033)*

Abstract. The purpose of the study is to identify the features of spatial and temporal transformation of geosystems of the Baikal rift zone depressions.

Materials and methods. The research is based on the data of field route observations, analysis of thematic maps, results of expert interpretation of satellite images, generalization of literary sources using historical, landscape and comparative-geographical methods, GIS.

Results and discussion. The functioning of the geosystems of the study area is determined by a number of factors: material-energy exchange, development, internal and external interrelationships, resonance, and sustainability. Endogenous factors have a spatial-differentiating effect practically at all structural-hierarchical levels of geosystems and are through natural agents controlling the whole system of intercomponent interactions. Transformations under the influence of climatic and endogenous factors occurred synchronously and caused the manifestation of resonance phenomena that stimulated the spatial and temporal transformation of geosystems. Seismicity, volcanism, heat flows, and hydrothermal processes are associated with active faults in rift depressions; faults "control" sedimentation and the position of river valleys. Along fault zones, upward flows of heated and decompacted mantle matter create widespread heat flows that directly affect both the components of geosystems and the spatial and temporal transformation of geosystems as a whole.

© Nogovitsyna M. A., 2024

✉ Maria A. Nogovitsyna, e-mail: 25051204@mail.ru



The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

Conclusions. The change of material-energy exchange of geosystem with its environment due to endogenous component is one of the main factors of formation of specificity of transformation of geosystems of the Baikal rift zone depressions. The most intensive transformation was subjected to the areas of impact of plumes, mantle fluids, development of magmatic and metamorphic rocks, and major faults. The combination of diverse geodynamic regimes of continental rifting and mountain formation caused an ambiguous response of geosystems to climate change, which determined the development of dark coniferous taiga, waterlogged larch sparse forests with cedar shrub and sub-taiga light coniferous geosystems in the study area.

Keywords: transformation, geosystem, depression, Baikal rift zone, material-energy flow.

Funding: The research was carried out at the expense of the state task No. of state registration of the topic AAAA-A21-121012190056-4.

For citation: Nogovitsyna M.A. Spatial and Temporal Transformation of Geosystems of the Baikal Rift Zone Depressions. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seria: Geografiya. Geoekologiya*, 2024, no. 2, pp. 13-19. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.17308/geo/1609-0683/2024/2/13-19>

REFERENCES

1. Bugaevsky G.N. *Seismologicheskie issledovaniya neodorodnostej mantii Zemli*. [Seismological studies of inhomogeneities of the Earth's mantle]. Kiev: Naukova Dumka, 1978. 184 p. (In Russ.)
2. Golubev V.A. *Konduktivnyj i konvektivnyj vynos tepla v Bajkal'skoj riftovoj zone* [Conductive and convective heat removal in the Baikal rift zone]. Novosibirsk: Academic publishing house «Geo», 2007. 222 p. (In Russ.)
3. Zorin Y.A., Turutanov E.H. Regional'nye izostaticheskie anomalii sily tyazhesti i mantijnye plyumy v yuzhnoj chasti Vostochnoj Sibiri (Rossiya) i v Central'noj Mongolii [Regional isostatic gravity anomalies and mantle plumes in the southern part of Eastern Siberia (Russia) and in Central Mongolia]. *Geologiya i geofizika*, 2004, vol. 45, no. 10, pp. 1248-1258. (In Russ.)
4. Kajnozojskij riftogenez v kontinental'noj litosfere [Cenozoic rifting in the continental lithosphere] / Logachev N.A., Rasskazov S.V., Ivanov A.V. i dr. *Lithosphere of Central Asia (main research results of the Institute of the Earth's Crust SB RAS in 1992-1996)*, 1996. pp. 57-80. (In Russ.)
5. Kolomyts E.G. *Tihookeanskij megaekoton Severnoj Evrazii. Evolyucionnaya model' kontinental'noj biosfery* [Pacific megacoton of Northern Eurasia. Evolutionary model of the continental biosphere]. Moscow: GEOS, 2017. 496 p. (In Russ.)
6. Lunina O.V., Gladkov A.S., Nevedrova N.N. *Riftovye vpadiny Pribajkal'ya: tektonicheskoy stroenie i istoriya razvitiya* [Rift depressions of the Baikal region: tectonic structure and history of development]. Novosibirsk: «Geo», 2009. 312 p. (In Russ.)
7. Lysak S.V., Zorin Yu.A. *Geotermicheskoe pole Bajkal'skoj riftovoj zony* [Geothermal field of the Baikal rift zone]. Moscow: Nauka, 1976. 91 p. (In Russ.)
8. Lysak S.V. *Teplovoj potok kontinental'nyh riftovyh zon* [Heat flow of continental rift zones]. Novosibirsk: Nauka, 1988. 199 p. (In Russ.)
9. Mats V.D., Ufimtsev G.F., Mandelbaum M.M. *Kajnozoy Bajkal'skoj riftovoj vpadiny: Stroenie i geologicheskaya istoriya* [Cenozoic of the Baikal Rift depression: Structure and geological history]. Novosibirsk: Publishing House of SB RAS, Geo branch, 2001. 252 p. (In Russ.)
10. Misharina L.A., Solonenko N.V. *Mekhanizm ochagov zemletryasenij i napryazhennoe sostoyanie zemnoj kory v Bajkal'skoj riftovoj zone / Rol' riftogeneza v geologicheskoy istorii Zemli* [The mechanism of earthquake foci and the stressed state of the Earth's crust in the Baikal rift zone / The role of rifting in the geological history of the Earth]. Novosibirsk: Nauka, 1977. pp. 120-124. (In Russ.)
11. Novopashina A.V., Kuzmina E.A. *Plotnost' razlomov zemnoj kory i termal'nye istochniki v zone migracii sejsmicheskoy aktivnosti oblasti Amut'skogo roya zemletryasenij (severo-vostochnyj flang Bajkal'skoj riftovoj sistemy)* [The density of crustal faults and thermal springs in the migration zone of seismic activity of the Amutsky swarm of earthquakes (north-eastern flank of the Baikal rift system)]. *Izvestiya IGU. Seriya «Nauki o Zemle»*, 2023, vol. 20, pp. 81-90. (In Russ.)
12. Rogozhina V.A., Kozhevnikov V.M. *Oblast' anomal'noj mantii pod Bajkal'skim riftom* [The region of the anomalous mantle under the Baikal Rift]. Novosibirsk: Nauka, 1979. 104 p. (In Russ.)
13. Ufimtsev G.F., Shchetnikov A.A., Filinov I.A. *Barguzinskaya vpadina, eyo sootnosheniya s Bajkal'skim riftom i osobennosti kajnozojskogo riftogeneza na yuge Vostochnoj Sibiri* [The Barguzin depression, its relations with the Baikal rift and features of Cenozoic rifting in the south of Eastern Siberia] // *Otechestvennaya geologiya*, 2010, no. 1, pp. 32-37. (In Russ.)
14. Ufimtsev G.F. *Morfotektonika Evrazii* [Morphotectonics of Eurasia]. Irkutsk: IGU, 2002. 493 p. (In Russ.)
15. Ufimtsev G.F. *O strukture Bajkal'skoj riftovoj zony* [On the structure of the Baikal rift zone]. *Geotektonika*, 1987, no. 1. pp. 93-106. (In Russ.)
16. Florensov N.A. *Mezozojskie i kajnozojskie vpadiny Pribajkal'ya* [Mesozoic and Cenozoic depressions of the Baikal region]. Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 1960. 358 p. (In Russ.)
17. Shchetnikov A.A., Ufimtsev G.F. *Struktura rel'efa i novejšhaya tektonika Tunkinskogo rifta (yugo-zapadnoe Pribajkal'e)* [Relief structure and the latest tectonics of the Tunka rift (South-western Baikal region)]. Moscow: Scientific World, 2004. 160 p. (In Russ.)
18. Konovalova T.I., Szykh A.P. Transformation of geosystems on the Baikalian natural territory. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*, 2020, v. 10, no. 3, pp. 563. (In Russ.)

Conflict of interests: The author declares no information of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Received: 21.03.2023

Accepted: 28.05.2024

Ноговицына Мария Александровна

Кандидат географических наук, научный сотрудник лаборатории теоретической географии института географии им. В.Б. Сочавы, г. Иркутск, Российская Федерация, ORCID: 0000-0003-1240-9500, e-mail: 25051204@mail.ru

Maria A. Nogovitsyna

Cand. Sci. (Geogr.), Researcher at the Laboratory of Theoretical Geography of V.B. Sochava Institute of Geography of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Irkutsk, Russian Federation, ORCID: 0000-0003-1240-9500, e-mail: 25051204@mail.ru