



УДК 528.9(571.53)
<https://doi.org/10.26516/2073-3402.2023.44.3>

Картографирование современных экзогенных процессов центральной экологической зоны Байкальской природной территории

З. В. Абрамова, З. О. Литвинцева*

Иркутский государственный университет, г. Иркутск, Россия

Аннотация. Проведено среднемасштабное картографирование, в основу которого был положен принцип выделения ведущего экзогенного процесса. Наряду с анализом литературных данных, материалов полевых исследований важнейшим источником информации стали данные космической съемки. В результате тематического дешифрирования по прямым и косвенным признакам были выделены основные морфологические особенности различных генетических типов рельефа. Представлены с высокой степенью детальности фрагменты карты репрезентативных участков распространения современных экзогенных процессов ЦЭЗ БПТ, характерной чертой которых выступает проявление многообразия экзогенных процессов с различной степенью интенсивности. Подобные среднемасштабные карты являются надежной основой для составления схем районирования современных экзогенных процессов рельефообразования и территориального планирования не только для организации рационального природопользования, но и в целях оптимизации природоохранной деятельности.

Ключевые слова: экзогенные процессы, дешифрирование, дешифровочные признаки, среднемасштабное картографирование, территориальное планирование.

Благодарности. Исследование проведено при финансовой поддержке гранта Иркутского государственного университета для молодых ученых № 091-22-333 «Учет современных экзогенных процессов при территориальном планировании Центральной экологической зоны Байкальской природной территории (ЦЭЗ БПТ)».

Для цитирования: Абрамова З. В., Литвинцева З. О. Картографирование современных экзогенных процессов центральной экологической зоны Байкальской природной территории // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2023. Т. 44. С. 3–17. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2023.44.3>

Original article

Mapping of Modern Exogenous Processes of the Central Ecological Zone of the Baikal Natural Territory

Z. V. Abramova, Z. O. Litvintseva*

Irkutsk State University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract. Mapping of exogenous processes is an urgent task of modern research. Exodynamic processes are widespread within the Central Ecological Zone of the Baikal Natural Territory (CEZ BPT), the development of which is associated with a variety of both natural and man-made factors affecting the intensity of their course. A medium-scale mapping was carried out, which was based on

the principle of isolating the leading exogenous process. Along with the analysis of literary data and field research materials, the most important source of information was the use of satellite imagery data. As a result of thematic decoding by direct and indirect signs, the main morphological features of various genetic types of relief were identified, which determine the features of their display on satellite images and correspond to certain classes of exogenous processes. The article presents, with a high degree of detail, fragments of the map of representative sites of the distribution of modern exogenous processes of the CES BPT, a characteristic feature of which is the manifestation of a variety of exogenous processes with varying degrees of intensity. Such medium-scale ones are a reliable basis for drawing up both zoning schemes of modern exogenous processes of relief formation and territorial planning not only for the organization of rational nature management, but also for the optimization of environmental protection activities.

Keywords: exogenous processes, decryption, decryption features, medium-scale mapping, territorial planning.

For citation: Abramova Z.V., Litvintseva Z.O. Mapping of Modern Exogenous Processes of the Central Ecological Zone of the Baikal Natural Territory. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2023, vol. 44, pp. 3–17. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2023.44.3> (in Russian)

Введение

С середины 1950-х гг. возрос интерес к подготовке геоморфологических карт, которые несли в себе дополнительные возможности для исследования геологического строения территории в целях поиска полезных ископаемых. Легенды таких карт основывались на историко-морфогенетических принципах, а главной картографируемой единицей являлся генетический тип рельефа. С 1970-х гг. в геоморфологии стали отдавать предпочтение картографированию экзогенных процессов рельефообразования, а сам рельеф рассматривался как совокупность элементарных поверхностей [Колодешникова, Поздняков, 2014]. В настоящее время картографирование является одним из основных способов отображения пространственной информации, которая необходима для изучения закономерностей распространения экзогенных процессов. Развитие космических технологий привело к широкому использованию данных дистанционного зондирования Земли, применение которых помогает в решении различных научно-практических задач, в том числе в картографировании современных экзогенных процессов. Космические снимки служат источником пространственно-временной информации, которая представляет собой неотъемлемую часть современного процесса картографирования. Карты распространения современных экзогенных процессов, составленные с применением космических снимков различного масштаба и разрешения, являются основой для решения различных задач мониторинга, прогнозирования, планирования направлений будущего развития территорий. Подобные карты позволяют не только определить пространственные характеристики экзогенных процессов, но и проследить их изменения во времени, тем самым выявить особенности их динамики. Данной проблеме посвящено значительное количество работ отечественных и зарубежных авторов [Агафонов, 1975; Вика, Снытко, Щипек, 1997; Westen, Soeters, Sijmons, 2000; Волошин, 2011; Parry, 2011; Evans, 2012; Remote sensing estimates ... , 2014; Rybchenko, Kadetova, Kozireva, 2018; Козырева, 2020].

Изображение пространственно-временных характеристик современных экзогенных процессов на космических снимках позволяет экстраполировать данные локальных наземных полевых исследований. Данные космических съемок помогают раскрыть структуру, динамику и направления преобразования геосистем. С другой стороны, отображенный участок местности, дополненный наземными точечными и линейными полевыми данными, повышает точность карт и, соответственно, эффективность проводимых исследований.

Объект исследования – современные экзогенные процессы центральной экологической зоны Байкальской природной территории (ЦЭЗ БПТ). Цель – выявление ведущих современных экзогенных процессов центральной экологической зоны Байкальской природной территории и их картографирование.

Статья подготовлена с использованием методов комплексных физико-географических исследований, сравнительно-географического и картографического методов, методов полевых маршрутных наблюдений, проведенных в 2016–2022 гг., ГИС-технологий (QGIS, ArcGIS), дешифрирования космических снимков с искусственного спутника Земли Landsat-8 (OLI), программного обеспечения – Google Earth, Sas.planet и Global Mapper, а также анализа литературных источников.

Современные экзогенные процессы

Л. Н. Ивановский [1993] выделял три уровня познания структур процессов: региональный, локальный и частный. Особое значение придавал региональному уровню. Главным преимуществом познания пространственных структур регионального уровня отмечается анализ классов процессов на таксономическом уровне. Исследования должны проводиться с применением методов сравнительного анализа, который позволяет понять характер связей между изучаемыми процессами, а также определить сходства и различия между ними. Сравнению могут подвергаться однотипные процессы (т. е. процессы, образующие один тип макрорельефа), в пределах различных территорий, такие как экзогенные процессы, распространенные в межгорных котловинах. Например, в пределах засушливых центральных частей котловин преобладают эоловые рельефообразующие процессы, а в более увлажненных частях – эрозионно-склоновые [Там же].

На территории ЦЭЗ БПТ широко распространены различные экзогенные процессы: абразия, эрозия, карст, сели, оползни, обвалы, осыпи, солифлюкция, крип, снежные лавины, наледи и другие [Карта центральной экологической ...]. Согласно классификации [Выркин, 1986; Vyrkin, 2008] на территории ЦЭЗ БПТ выделяется два типа экзогенных процессов рельефообразования, которые в свою очередь подразделяются на 12 классов: *абиогенные*, включающие криогенный (мерзлотный), гравитационно-склоновый, криогенно-склоновый, склоновый гидрогенного сползания и течения, склоновый водно-эрозионный, гляциальный, береговой, эоловый, флювиальный, подземно-водный классы; *биогенные* в составе фитогенного и техногенного (антропогенного) классов.

Многообразие современных экзогенных процессов, их генезис и характер распространения позволили выполнить районирование ЦЭЗ БПТ по характеру и интенсивности протекания опасных экзогенных процессов [Плюснин, Владимиров, 2013]. Схема районирования включает 38 районов, по формам, типам рельефа и их сочетаниям образующих такой геоморфологический ландшафт, который свойственен только данному району и отличает его от других. Критериями выделения районов стали: морфология рельефа, особенности пространственно-временного развития обвалов и осыпей, эрозийных процессов, дефляции, лавин, курумов, селей, оползней и оползней-сплывов, фитогенных процессов, карста и некоторых других процессов наряду с ландшафтными характеристиками, а также с особенностями слагающих территорию горных пород и отложений. В практике геоморфологических исследований районирование является его неотъемлемой частью, так как систематизацию фактического материала и геоморфологическое описание проводят по конкретным территориальным единицам, т. е. геоморфологическим районам. Методика полевых изысканий вырабатывается только с учетом индивидуальных особенностей отдельных геоморфологических районов и практических мероприятий, планируемых в этих районах.

Картографирование современных экзогенных процессов

Картографирование современных экзогенных процессов ЦЭЗ БПТ, как правило, проводилось в мелком масштабе. В связи с этим возникла необходимость подготовить среднемасштабную карту на район исследования, которая будет обладать высокой степенью детализации процессов.

В основу формирования картографической базы была положена методика картографирования экзогенных процессов В. Б. Выркина [Выркин, 1986; Vyркиn, 2008]. Она заключается в выделении ведущих процессов с учетом: площади его распространения, интенсивности развития и продолжительности непрерывного протекания. Только в совокупности этих параметров при их анализе можно объективно выявить ведущий экзогенный процесс на какой-либо территории. Недостатком такой методики служит отсутствие достоверных данных о непрерывности протекания процессов, а также об их интенсивности. Поэтому при отсутствии таких данных исходным материалом могут служить топографические и геологические карты необходимых листов масштаба 1:200 000 [Карта центральной экологической ...]. В качестве достоверной дополнительной информации были использованы материалы космической съемки, которые обладают обзорностью и значительной генерализацией. При составлении мелкомасштабных карт результаты дешифрирования космических снимков становятся неотъемлемой информационной базой для разработки карты современных экзогенных процессов. В настоящем исследовании в основу среднемасштабной карты было положено районирование ЦЭЗ БПТ по характеру и интенсивности протекания опасных экзогенных и береговых процессов [Плюснин, Владимиров, 2013].

Работа по картографированию современных экзогенных процессов проходила в несколько этапов.

1. *Компоновка топографической и геологической основы.* Она необходима для будущей привязки экзогенных процессов локального проявления, а также на ее основе были выделены фитогенные (заболачивание, наличие торфяников) и антропогенные процессы. Территория ЦЭЗ размещена в пределах 43 листов топографической основы масштаба 1:200 000. Компоновка и привязка материала осуществлялась в программном обеспечении ArcGIS.

Согласно данным геологических карт, в пределы ЦЭЗ БПТ входит 34 фрагмента геологической основы в масштабе 1:200 000. Формирование геологической базы было выполнено аналогично компоновке топографических карт с использованием инструментария ArcGIS. В геологических картах особое внимание уделили стратиграфической колонке, особенно неоген-четвертичному периоду, так как приуроченность к определенным типам отложений может указывать на экзогенные процессы, которые могут здесь проявляться.

2. *Дешифрирование космических снимков.* Основными материалами, использованными при выявлении современных экзогенных процессов, являются спутниковые снимки. Мы анализировали снимки Landsat-7 и -8 с пространственным разрешением 30 м. Для дешифрирования космических снимков необходимо подобрать комбинацию каналов, в зависимости от снимка набор каналов может отличаться. При выборе каналов для отображения естественных цветов для Landsat-7 комбинация – 3,2,1, а для Landsat-8 – 4,3,2. В этих комбинациях используются каналы видимого диапазона, поэтому объекты земной поверхности выглядят похожими на то, как они воспринимаются человеком. Эта комбинация каналов дает возможность анализировать состояние водных объектов, процессы седиментации, формы рельефа, а также используется для изучения антропогенных объектов. Комбинация 5,3,1 или 6,4,2 каналов показывает топографические текстуры, а 7,3,1 позволяет различить горные породы. Необходимую комбинацию каналов можно выбрать благодаря информации, которую Landsat размещает на официальных страницах [Landsat-8 Bands]. Весь хронологический ряд снимков Landsat есть в свободном доступе на ресурсах USGS GloVis, которые обладают необходимой дополнительной информацией с точными данными и другими необходимыми сведениями [USGS. sciences ...].

Большую часть времени занимает дешифрирование космических снимков, в рамках которого выбор используемых приемов должен носить предметно-ориентированный характер, т. е. в зависимости от типа дешифрируемых объектов [Buchroithner, 1995; Evans, 2012]. Для тематического (геоморфологического) дешифрирования необходимо подобрать оптимальные съемочные материалы, в основном по уровню детальности (пространственному разрешению), наличию видимых и ИК-каналов (спектральному разрешению), что обеспечит более качественное выявление дешифрируемых объектов. Дешифрирование проведено по прямым и косвенным дешифровочным признакам. Прямые сложные дешифровочные признаки включают такие характеристики, как форма, размер, цвет, тон изображения (яркость), тень. Эти признаки описывают структуру и текстуру, иногда их объединяют под од-

ним названием «рисунок изображения» (устойчивый сложный признак, объединяющий характерную текстуру и структуру изображения объекта). Косвенные дешифровочные признаки основаны на связях между видимыми и невидимыми свойствами объектов, при этом видимый объект является индикатором, указывающим на наличие невидимого. В качестве индикатора чаще всего выступают рельеф, гидрография и растительный покров. Косвенные признаки широко используются при ландшафтном дешифрировании. Отдельную разновидность представляет морфометрическое дешифрирование, основанное на статистическом анализе пространственного распределения таких прямых признаков, как форма, размер, текстура и структура. Так, например, в геолого-геоморфологических исследованиях дешифрируют длину, направление, густоту линеаментов (разломов), что позволяет оценивать сейсмическую опасность территории.

Картирование современных экзогенных процессов будет осуществляться за счет выявления как ведущих, так и сопутствующих процессов. Выделение явлений будет выполнено по формам рельефа, которые соответствуют классу процессов. В связи с этим подготовлена сводная таблица классов экзогенных процессов [Выркин, 1986] и их выражение в рельефе (табл.).

Таблица

Классы экзогенных процессов и их выражение в рельефе

Класс экзогенных процессов	Формы выражения в рельефе
Криогенный	Бугры пучения, термокарстовые западины, трещинные полигоны
Криогенно-склоновый	Солифлюкционные террасы, курумы и россыпи
Гравитационно-склоновый	Ниши срыва, обвальные, лавинные и осыпные конусы, нивальные ложбины
Склоновый гидротермического сползания и течения почвенно-грунтовых масс на склонах (крип)	Гофрированные склоны
Склоновый водно-эрозионный	Овраги, промоины, делювиальные шлейфы
Флювиальный	Русла и пойма рек
Береговой	Абразионный уступ, волноприбойная ниша, песчаный берег
Подземно-водный	Впадины, воронки, рвы проседания
Эоловый	Дюны, ячеи (котловины) выдувания, гряды
Фитогенный	Торфяники
Техногенный	Котлованы, терриконы, насыпи, карьеры, инженерные сооружения и здания

Благодаря выделенным формам рельефа на основе дешифровочных признаков и дополнительных материалов были отображены в пространстве современные экзогенные процессы в пределах территории исследования (рис. 1).

Формы рельефа, которые были выделены на основе дешифровочных признаков и дополнительных материалов, позволили отобразить в пространстве распространение современных экзогенных процессов по территории исследования.

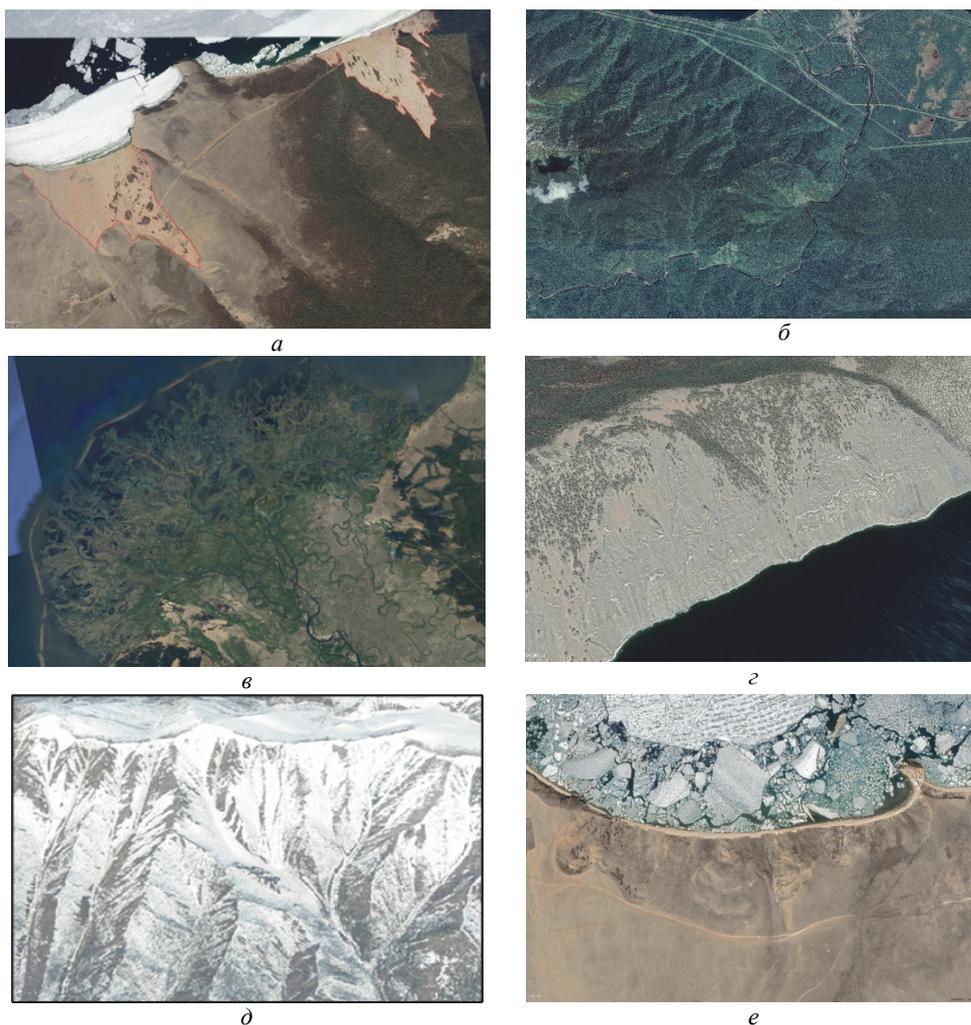


Рис. 1. Дешифрирование космических снимков разного разрешения на основе прямых и косвенных признаков: *а* – песчаные массивы Улан-Хушинский и Нюрганский на о. Ольхон, разрешение снимка 30 м; *б* – русло р. Хара-Мурин, разрешение снимка 30 м; *в* – дельта р. Селенги, разрешение снимка 30 м; *з* – обвалы и осыпи на восточном берегу о. Ольхон, разрешение снимка 20 м; *д* – лавинные пути п-ва Святой Нос, разрешение снимка 10 м; *е* – солифлюкционный оползень на западном побережье о. Ольхон (зал. Баян-Шунген), разрешение снимка 20 м

На рис. 1, *а* показано развитие эолового процесса, он выделен красным контуром. Здесь представлены эоловые формы, которые идентифицируются на снимке в виде белых, бело-желтых пятен, отражающих слабо заросшие либо оголенные песчаные массивы. В данном случае формы представлены в виде песчаных гряд и дюн, вытянутых в направлении от побережья вглубь острова. Ареалы флювиального процесса (эрозии, аккумуляции временных и постоянных водотоков) приурочены к водотокам, их поймам и озерно-аллювиальным равнинам. На космоснимках они легко распознаются по реч-

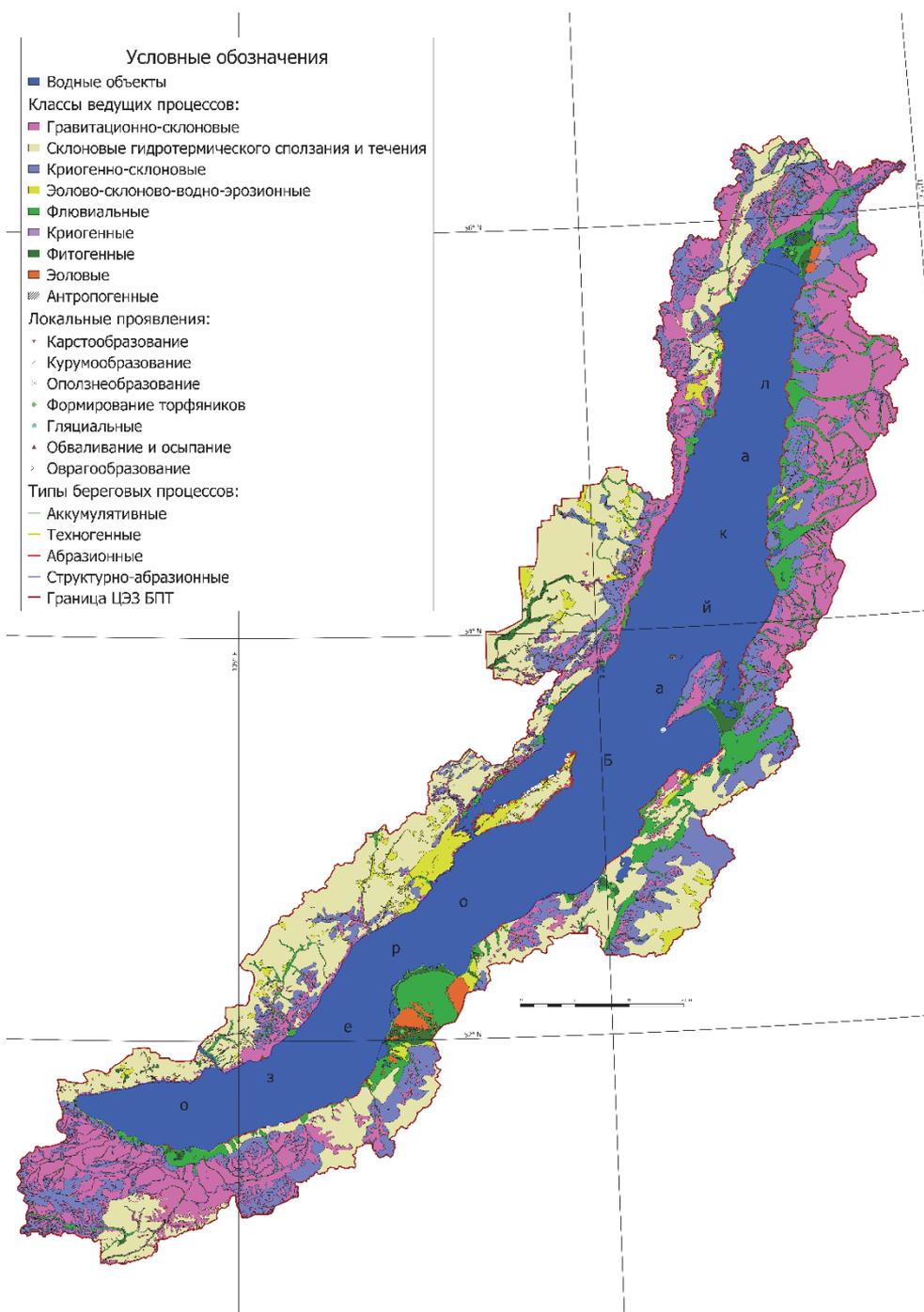
ным руслам (см. рис. 1, б), включающим меандры русел, излуцины, межрусловые острова и др. Водно-эрозионные процессы выделены по характерным очертаниям и более светлому тону, отличному от задернованных поверхностей. Поэтому эти явления свойственны степным и лесостепным комплексам (см. рис. 1, а). Процессы заболачивания на снимках дешифрируются по оттенкам фототона, который зависит от увлажнения и характера растительного покрова. Болота часто имеют округлые неправильные очертания. Отображаются серыми или темными тонами (см. рис. 1, в). Хорошо дешифрируются гравитационно-склоновые процессы. Например, обвалы и осыпи определяются по степени освещенности и затененности склонов (см. рис. 1, з). Как правило, такие склоны имеют оттенки серого цвета, который указывает на отсутствие растительности. Лавинная деятельность также легко распознается на космоснимках. На рис. 1, д лавинные пути выделяются четкими полосами, часто с поваленными деревьями.

Не вызывает затруднений определение оползневых процессов, которые на общем фоне выделяются как инородные тела. В рельефе оползневые тела выражаются ступенчатым строением, прослеживаются наплывы, растительный покров разрежен, дешифрируются по обнажению коренных пород на стенке срыва (рис. 1, е). Также стоит отметить, что в левой части снимка оползень имеет циркообразные углубления, которые частично покрыты растительностью. Здесь оползень имеет четкие линии отрыва, следовательно, он вновь образовавшийся, а оползни, находящиеся рядом, являются старыми, с расплывчатыми границами. Это связано с тем, что со временем границы оползней сглаживаются и теряют свою резкость по отношению к общему фону рисунка.

На космоснимках практически не дешифрируются медленные криогенно-склоновые (солифлюкция, дефлюкция, десерпция), склоновые гидротермического сползания и течения почвенно-грунтовых масс на склонах и криогенные (термокарст, пучение грунтов, наледообразования и др.) классы процессов. Поэтому при картографировании ведущих экзогенных процессов рельефообразования важно применять не только дешифрирование космоснимков, но и другие материалы, например данные натурных наблюдений на местности и т. п.

Дешифровочные признаки техногенных процессов на спутниковых снимках отображаются в виде инженерных сооружений и зданий, т. е. населенные пункты (выраженные в прямолинейности застройки, улиц и т. п.) и линейные объекты (дороги и т. д.). Слаборазличимы терриконы, котлованы и просадки поверхностей, занимающие небольшие по площади территории.

3. *Создание карты современных экзогенных процессов.* На базе топографической и геологической основы, дешифрирования комических снимков, анализа литературных данных и материалов натурных наблюдений выполнено среднемасштабное картографирование ЦЭЗ БПТ в программном обеспечении QGIS (рис. 2).



На основе составленной карты в пределах территории были отмечены четыре основных генетических типа берегов: абразионный (разрушается только под действием волн и склоновых процессов, общей характеристикой является наличие абразионного уступа), структурно-абразионный (тип побережья, где выражены геоструктурные элементы: зоны разломов, синклинальные и антиклинальные складки, плоскости смещения), аккумулятивный (где ранее происходила или продолжает происходить аккумуляция материала) и техногенный (укрепление берегов) [Rybchenko, Kadetova, Kozireva, 2018; Козырева, 2020]. Широкое распространение получили абразионные (встречаются на всей протяженности оз. Байкал) и структурно-абразионные (занимают доминирующее положение на западном побережье Байкала) берега, которые в совокупности составляют более 78 % всей протяженности береговой линии оз. Байкал. Наименьшее развитие получил техногенный тип, на который пришлось менее 2 %. Такие берега развиты преимущественно в южной части Байкала. Что касается аккумулятивного типа, то он составляет чуть более 20 % и приурочен в основном к дельтовым участкам рек. При этом самым протяженным аккумулятивным типом выделяется Селенгинское побережье, которое с одной стороны ограничено зал. Провал, а с другой – Истокским сором.

Эоловые процессы наиболее ярко представлены на о. Ольхон и в Приольхонье, в пределах дельты р. Селенги, в суходольной части Северо-Байкальской котловины, а также встречаются небольшими аккумулятивными полосами вдоль восточного побережья Байкала.

Распространение эоловых склоново-водно-эрозионных явлений напрямую связано с развитием степного и лесостепного комплекса, распахкой полей, поэтому основные ареалы приурочены к острову Ольхон и Тажеранским степям.

Гравитационно-склоновые процессы преобладают в Северном и Южном Прибайкалье. Основными местами их проявления становятся горные хребты: Хамар-Дабан, Баргузинский и Байкальский.

Криогенно-склоновые процессы представлены солифлюкцией, оползнями, курумами и крипом, которые встречаются практически повсеместно в пределах ЦЭЗ БПТ. Наиболее интенсивно эти процессы протекают на Хамар-Дабане, п-ве Святой Нос, Баргузинском и Байкальском хребтах. Ограниченное распространение имеет группа мерзлотных (криогенных) процессов. Ведущее положение они занимают только в суходольной части Северо-Байкальской котловины и представлены термокарстом и наледями.

Процессы заболачивания распространены на значительные площади в Чивыркуйской местности, Слюдянско-Култучной низменности, дельте р. Селенги и Северо-Байкальской котловине. Фрагментарно фитогенный процесс встречается в верховьях рек, приустьевых и дельтовых частях.

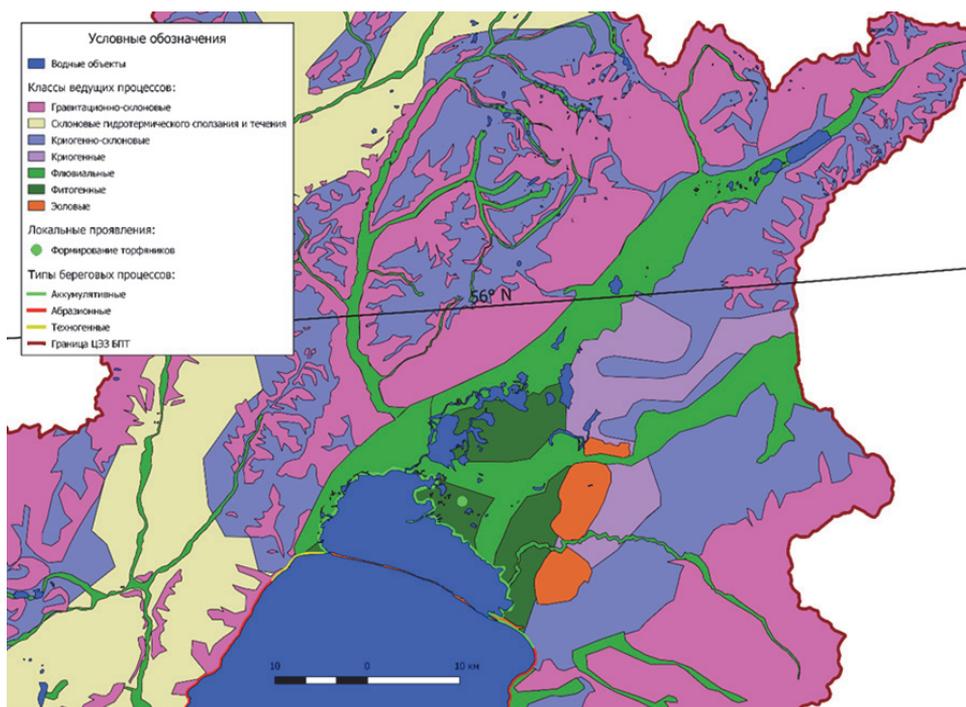
Значительные пространства занимают эрозионные процессы, которые относят к одним из самых опасных проявлений экзогенных процессов.

Анализ распространения современных экзогенных процессов ЦЭЗ БПТ показал, что большие площади занимают гравитационно-склоновые, криогенно-склоновые и эрозионные виды процессов, которые представляют собой геоморфологический риск. Такой риск может сопровождаться нанесением социально-экономического ущерба, а также вреда уникальным природным комплексам, которые находятся под охраной множества ООПТ района исследования.

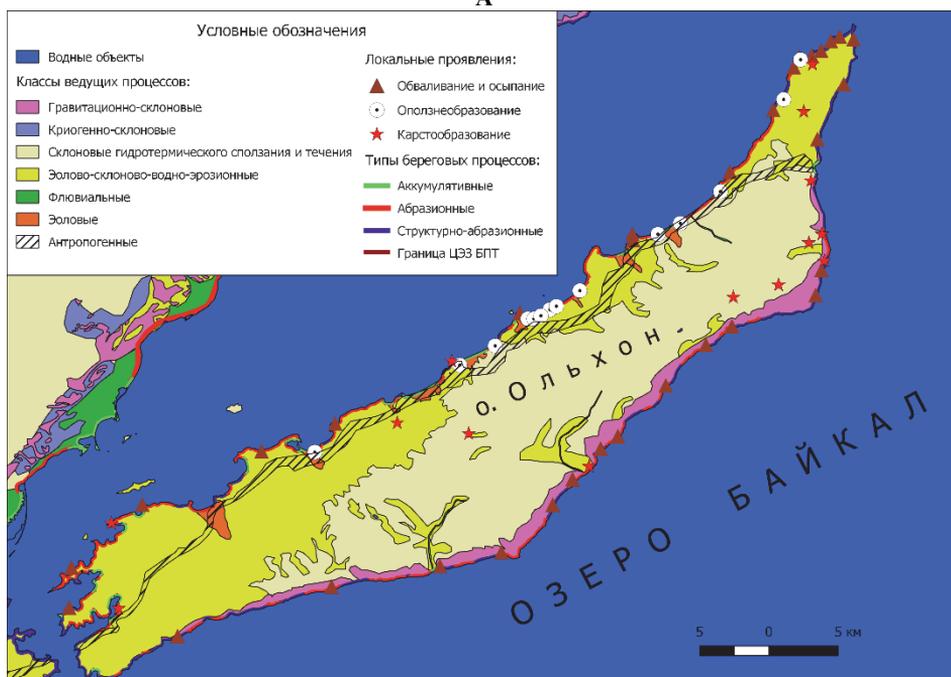
Для наглядности на рис. 3 представлены фрагменты карты в исходном масштабе 1:200 000 на территорию о. Ольхон и Приольхонья и Северного Байкала, где экзогенные процессы показаны с высокой степенью детальности.

Согласно схеме районирования ЦЭЗ БПТ по распространению экзогенных процессов [Плюснин, Владимиров, 2013] Северный Байкал в рамках фрагмента карты на рис. 3, *а* занимает территорию нескольких районов – Северо-Байкальского, Байкальского, Нижнеангарского. В юго-западной части отмечены сели в долинах рек Гоуджекит и Рель, характерны обвалы и осыпи, оползнеактивные склоны, курумы и др. В северной части Байкальского хребта, относящегося к одноименному району, отмечаются большие площади распространения курумов на склонах гор. В высокогорных частях распространены троговые долины, кары, цирки, занятые озерами. Горные склоны нередко изрезаны системами кулуаров, что приводит к активному лавинообразованию (преимущественно долины рек Кунермы и Гоуджекит). Территория, расположенная в соединенной дельте рек Кичеры и Верхней Ангары, соответствует сухоходольной части Северо-Байкальской котловины. Данная местность сильно заболочена, что приводит к формированию торфяников, их мощность оценивается в 3–4 м. В Ангарском соре распространены сплавины, которые нередко представляют собой плавучие острова торфа. Ведущими классами процессов на данной территории являются флювиальные и фитогенные, второстепенными – криогенные, криогенно-склоновые, эоловые и береговые. Эоловые встречаются широко на о. Ярки, где они представлены дюнами, доминирующий тип берега – аккумулятивный.

Остров Ольхон и Приольхонье согласно схеме районирования (рис. 3, *б*) также занимает территорию нескольких районов – Приморского, Еланцовского, Ольхонского [Плюснин, Владимиров, 2013]. Территория характеризуется распространением эоловых, склоново-водно-эрозионных, гравитационно-склоновых, склоновых гидрогенного сползания и течения, береговых, флювиальных и других классов процессов. В западной части острова преимущественно протекают эоловые процессы (в рельефе выражены котловинами выдувания, песчаными грядами и дюнами) и склоново-водно-эрозионные (выражены в оврагообразовании и плоскостном смыве), локально встречаются участки оползнеобразования (на побережье заливов Сарайского, Баян-Шунген, в пределах мысов Саса и Харанцы). В восточной части широко представлены обвально-осыпные процессы (вдоль всего побережья острова) и крип. Также западная часть рассматриваемого участка ЦЭЗ БПТ в районе Приморского хребта характеризуется распространением обвально-осыпных процессов и курумообразования, в меньшей степени замечены флювиальные, склоново-водно-эрозионные и оползневые процессы. Прибрежные территории представлены береговыми процессами трех генетических типов: аккумулятивного (встречается редко), структурно-абразионного (характерен для зон разломов, в основном восточное побережье острова) и абразионного (распространен в целом на территории острова). Антропогенное воздействие на элементы рельефа и усиление их проявлений в основном связано с эксплуатацией автодороги, выпасом скота, распашкой полей и туристско-рекреационным использованием территории.



А



Б

Рис. 3. Фрагменты карты распространения современных экзогенных процессов ЦЭЗ БПТ: а – Северный Байкал; б – о. Ольхон и Приольхонье

Заключение

Методической основой картографирования современных экзогенных процессов рельефообразования является определение и отображение ведущих процессов. Разработанные таким методом карты могут служить средством исследования структуры и функционирования процессов современного экзогенного рельефообразования. В дальнейшем их можно использовать для разработки и составления схем районирования современных экзогенных процессов рельефообразования, а также при территориальном планировании.

Созданная на основании рассмотренных выше принципов карта содержит информацию, которая может быть использована для разработки вопросов рационального природопользования, оптимизации природоохранной деятельности, оценки рельефа и современных экзогенных рельефообразующих процессов, проведения мероприятий по защите земной поверхности от опасных и неблагоприятных геоморфологических процессов.

Список литературы

- Агафонов Б. П.* Распространение и прогноз физико-географических процессов в Байкальской впадине // Динамика Байкальской впадины. Новосибирск : Наука, 1975. С. 59–137.
- Вика С., Снытко В. А., Щипек Т.* Ландшафты подвижных песков острова Ольхон на Байкале. Иркутск : Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 1997. 63 с.
- Волошин А. Л.* Идентификация и картографирование ведущих экзогенных рельефообразующих процессов межгорных котловин забайкальского типа с использованием космических снимков // Вестник Бурятского государственного университета. Биология, география. 2011. № 4. С. 3–6.
- Выркин В. Б.* Классификация экзогенных процессов рельефообразования // География и природные ресурсы, 1986. № 4. С. 20–24.
- Ивановский Л. Н.* Экзогенная литодинамика горных стран. Новосибирск : Наука, 1993. 160 с.
- Карта Центральной экологической зоны Байкальской природной территории (Масштаб 1:200 000) // Охрана озера Байкал. URL: <http://www.geol.irk.ru/baikal/terr/mterrmap/terrmapred2-2012/terrmap-cez-200-2012> (дата обращения: 19.06.2021).
- Козырева Е. А., Кадетова А. В., Рыбченко А. А.* Типизация и современное состояние берегов озера Байкал // Водные ресурсы. 2020. № 4. С. 453–465. <https://doi.org/10.31857/S0321059620040070>
- Колодешикова Н. В., Поздняков А. В.* Принципы картографирования рельефа и процессов геоморфодинамики // Вестник Томского государственного университета. 2014. № 378. С. 213–218
- Плюснин В. М., Владимиров И. Н.* Территориальное планирование Центральной экологической зоны Байкальской природной. Новосибирск : Гео, 2013. 407 с.
- Buchroithner M. F.* Problems of mountain hazard mapping using space borne remote sensing techniques // Advances in Space Research. 1995. P. 57–66.
- Evans I. S.* Geomorphometry and landform mapping: What is a landform? // Geomorphology. 2012. Vol. 137. P. 94–106.
- Remote sensing estimates of stand-replacement fires in Russia, 2002–2011 / A. Krylov, P. Potapov, T. Loboda, A. Tyukavina [et al.] // Environmental Research Letters. 2014. Vol. 9 (10). N 105007. P. 1–8. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/10/105007>
- LANDSAT-8 Bands // Landsat Science. URL: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/landsat-8-bands/> (дата обращения: 30.03.2022).
- Parry S.* The Application of Geomorphological Mapping in the Assessment of Landslide Hazard in Hong Kong // Developments in Earth Surface Processes. 2011. Vol. 15(11). P. 413–441.

Rybchenko A. A., Kadetova A. V., Kozireva E. A. Relation between basin morphometric features and dynamic characteristics of debris flows – a case study in Siberia, Russia // *Journal of Mountain Science*. 2018. Vol. 15(3). P. 618–630. <https://doi.org/10.1007/s11629-017-4547-0>

USGS science for a changing world. GloVis // U.S. Geological Survey. URL: <https://glovis.usgs.gov/app?fullscreen> (дата обращения: 30.03.2022).

Vyrkin V. B. Modern exogenous relief-formation processes: mapping, analysis of structures, regionalization // *Geography and Natural Resources*. 2008. Vol. 29 (4). P. 375–380. <https://doi.org/10.1016/j.gnr.2008.10.005>

Westen C. J., Soeters R., Sijmons K. Digital geomorphological landslide hazard mapping of the Alpage area, Italy // *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2000. Vol. 2(1). P. 51–60.

References

Agafonov B.P. Rasprostranenie i prognoz fiziko-geograficheskikh processov v Bajkalskoj vpadine [Distribution and forecast of physical and geographical processes in the Baikal basin]. *Dinamika Bajkalskoj vpadiny* [Dynamics of the Baikal basin]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1975, pp. 59-137. (in Russian)

Vika S., Snytko V.A., Shchipek T. *Landshafty podviznykh peskov ostrova Olhon na Bajkale* [Landscapes of the shifting sands of Olkhon Island on Lake Baikal]. Irkutsk, V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS Publ., 1997, 63 p. (in Russian)

Voloshin A.L. Identifikaciya i kartografirovanie vedushchih ekzogennykh reliefoobrazuyushchih processov mezhgornyh kotlovin zabajkalskogo tipa s ispolzovaniem kosmicheskikh snimkov [Identification and mapping of the leading exogenous relief-forming processes of intermountain basins of the Trans-Baikal type using satellite images]. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya, geografiya* [Bulletin of the Buryat State University. Biology, geography], 2011, no. 4, pp. 3-6. (in Russian)

Vyrkin V.B. Klassifikaciya ekzogennykh processov relyefoobrazovaniya [Classification of exogenous processes of relief formation]. *Geografiya i prirodnye resursy* [Geography and Natural Resources], 1986, no. 4, pp. 20-24. (in Russian)

Ivanovskij L.N. *Ekzogennaya litodinamika gornyh stran* [Exogenous lithodynamics of mountainous countries]. Novosibirsk, Nauka Publ., 1993, 160 p. (in Russian)

Karta Centralnoj ekologicheskoj zony Bajkalskoj prirodnoj territorii (Masshtab 1:200 000) [Map of the Central Ecological Zone of the Baikal Natural Territory (Scale 1:200 000)]. *Ohrana ozera Bajkal* [Protection of Lake Baikal]. Available at: <http://www.geol.irk.ru/baikal/terr/termmap/termmapred2-2012/termmap-cez-200-2012> (date of access: 19.06.2021). (in Russian)

Kozyreva E.A., Kadetova A.V., Rybchenko A.A. Tipizaciya i sovremennoe sostoyanie beregov ozera Bajkal [Typification and current state of the shores of Lake Baikal]. *Vodnye resursy* [Water resource], 2020, no. 4, pp. 453-465. <https://doi.org/10.31857/S0321059620040070> (in Russian)

Kolodeshnikova N.V., Pozdnyakov A.V. Principy kartografirovaniya relyefa i processov geomorfodinamiki [Principles of terrain mapping and geomorphodynamic processes]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Tomsk State University], 2014, no. 378, pp. 213-218. (in Russian)

Plyusnin V.M., Vladimirov I.N. *Territorialnoe planirovanie Centralnoj ekologicheskoj zony Bajkalskoj prirodnoj territorii* [Territorial planning of the Central ecological zone of the Baikal natural territory]. Novosibirsk, Geo Publ., 2013, 407 p. (in Russian)

Buchroithner M.F. Problems of mountain hazard mapping using space borne remote sensing techniques. *Advances in Space Research*, 1995, pp. 57-66.

Evans I.S. Geomorphometry and landform mapping: What is a landform? *Geomorphology*, 2012, Vol. 137, pp. 94-106.

Krylov A., Potapov P., Loboda T., Tyukavina A. [et al.] Remote sensing estimates of stand-replacement fires in Russia, 2002–2011. *Environmental Research Letters*, 2014, vol. 9 (10) no. 105007, pp. 1-8. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/9/10/105007>

LANDSAT-8 Bands. *Landsat Science*. Available at: <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/landsat-8-bands/> (date of access: 30.03.2022).

Parry S. The Application of Geomorphological Mapping in the Assessment of Landslide Hazard in Hong Kong. *Developments in Earth Surface Processes*, 2011, vol. 15(11), pp. 413-441.

Rybchenko A.A., Kadetova A.V., Kozireva E.A. Relation between basin morphometric features and dynamic characteristics of debris flows – a case study in Siberia, Russia. *Journal of Mountain Science*, 2018, vol. 15(3), pp. 618-630. <https://doi.org/10.1007/s11629-017-4547-0>

USGS science for a changing world. GloVis. *U.S. Geological Survey*. Available at: <https://glovis.usgs.gov/app?fullscreen> (date of access: 30.03.2022)

Vyrkin V.B. Modern exogenous relief-formation processes: mapping, analysis of structures, regionalization. *Geography and Natural Resources*, 2008, vol. 29 (4), pp. 375-380. <https://doi.org/10.1016/j.gnr.2008.10.005>

Westen C.J., Soeters R., Sijmons K. Digital geomorphological landslide hazard mapping of the Alpage area, Italy. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2000, vol. 2(1), pp. 51-60.

Сведения об авторах

Абрамова Зинаида Владимировна
специалист по УМР, аспирант,
кафедра географии, картографии
и геосистемных технологий
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
e-mail: www.ab.zina@gmail.com

Литвинцева Зоя Олеговна
кандидат географических наук, доцент,
кафедра географии, картографии
и геосистемных технологий
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
e-mail: zoebuhun@mail.ru

Information about the authors

Abramova Zinaida Vladimirovna
Specialist in UMR, Postgraduate,
Department of Geography,
Cartography and Geosystem Technologies
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003, Russian
Federation
e-mail: www.ab.zina@gmail.com

Litvintseva Zoya Olegovna
Candidate of Sciences (Geography), Associate
Professor
Department of Geography, Cartography and
Geosystem Technologies
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003, Russian
Federation
e-mail: zoebuhun@mail.ru