

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ АНТРОПОГЕННОЙ И СПОНТАННОЙ (ПРИРОДНОЙ) ПРЕОБРАЗОВАННОСТИ ГЕОСИСТЕМ ТУНКИНСКОЙ КОТЛОВИНЫ

© 2020 г. Ж. В. Атутова*

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия

**e-mail: atutova@mail.ru*

Поступила в редакцию 05.09.2018 г.

После доработки 05.03.2019 г.

Принята к публикации 03.10.2019 г.

В статье акцентируется внимание на специфике среднемасштабного ландшафтного картографирования с использованием традиционных методов. Для отображения современных структурно-динамических особенностей функционирования геосистем выбран участок Тункинской котловины и ее горного обрамления (Юго-Западное Прибайкалье). Составленная в масштабе 1 : 100 000 карта иллюстрирует дифференциацию на категории ландшафтных структур по типам зонально-высотнопоясных условий природной среды, отличающиеся морфологическими, фитоценоотическими свойствами, а также характером природно-антропогенной преобразованности. Основными факторами ландшафтной дискретности выступают морфологические особенности строения поверхности горно-котловинных территорий; динамический характер функционирования геосистем отражают комплексы с естественной растительностью и их производные биоценозы, сформированные в процессе сельскохозяйственной и пирогенной трансформации. К переменным состояниям отнесены также комплексы, образованные в речных долинах в ходе проявления селевой активности. В результате получено изображение, дающее достоверное представление о современном состоянии геосистем, что может служить научной основой при прогнозировании развития геосистем, проведении мероприятий по оптимизации природопользования и решении вопросов риска проявления опасных природных процессов.

Ключевые слова: геосистема, ландшафтная дифференциация, ландшафтное картографирование, дешифрирование, рельеф, растительность, селевые потоки, трансформация, динамика

DOI: 10.31857/S2587556620010045

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Одной из актуальных задач современного ландшафтоведения является отражение континуальных и эмерджентных свойств геосистем [17]. Ее решению способствует ландшафтное картографирование, которое, используя традиционные методы обработки и анализа современных геоизображений, улучшает возможности определения границ, характеризующих постоянство свойств компонентов внутри геосистемы. И в то же время, графическое отображение дифференциации геосистем с учетом спонтанных природных и антропогенных факторов позволяет оценить «отклик» ландшафта на внезапно возникающие процессы.

Межгорные котловины Байкальского типа, исторически длительно хозяйственно освоенные, являются геодинамически активными морфоструктурными элементами, в пределах которых интенсивно проявляются процессы современного рельефообразования. И поэтому представляют собой идеальный полигон для синтезированного

изучения и картографического воспроизведения особенностей ландшафтоформирования под влиянием природно-антропогенных факторов. Целью настоящего исследования является картографирование современной ландшафтной структуры Тункинской котловины и ее горного обрамления на топологическом уровне с применением структурно-динамического подхода в отражении характера преобразованности геосистем. Представленная в масштабе 1 : 100000 карта отличается детальностью и достоверностью определения границ наименьших таксономических единиц благодаря интеграционному применению устоявшихся методических приемов картосоставления и современных геоинформационных данных.

ТЕРРИТОРИЯ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве репрезентативного участка проводимых исследований выбрана центральная часть Тункинской котловины и ее горное обрамление.

Уникальность поверхности исследуемого района объясняется сочетанием в сравнительно небольших пределах разнообразных форм – от альпийского высокогорья хр. Тункинские Гольцы до заболоченного дна котловины со сложной системой проток р. Тунка и ее притоков. Помимо естественно-исторического базиса формирования ландшафтной структуры, к которому относятся особенности морфологии рельефа и зонально-высотной специфика развития биотических компонентов, на функционирование и динамику геосистем оказывают влияние интенсивно проявляющиеся современные экзогенные процессы – селевая активность, заболачивание, эоловые процессы.

Естественная (природная) дифференциация современной ландшафтной структуры осложнена антропогенным воздействием. В границах исследуемого участка насчитывается более десятка поселений, жители которых исторически заняты в сельскохозяйственной отрасли. Населенные пункты связывает густая сеть автодорог. К термальным источникам пос. Аршан и Жемчуг в пик летнего сезона прибывают тысячи отдыхающих.

Таким образом, основными факторами преобразования, усиливающими полихронность современной ландшафтной структуры ключевого участка, являются осуществление хозяйственных мероприятий и проявление современных экзогенных процессов. В рамках данного исследования акцентированное внимание уделено ландшафтопреобразующей роли схода селевых потоков, повторяемость которых в горах юга Восточной Сибири составляет 16–40 лет. Причиной последнего «обновления» ландшафтной дифференциации явились сошедшие 28 июня 2014 г. по склонам хр. Тункинские Гольцы селевые потоки, сформировав аккумулятивные комплексы наносов различного состава. В результате картографированию подлежат геосистемы, преобразованные антропогенными и катастрофическими природными факторами, влияние которых наиболее интенсивно проявляется в пределах центральной части Тункинской котловины и ее северного и северо-восточного обрамления.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Основными источниками, используемыми при картографировании геосистем ключевого участка, являлись разновременные топографические карты масштаба 1 : 100 000, лесотаксационные материалы [5], материалы полевого обследования, а также данные дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). В ходе предполевого периода было проведено визуальное дешифрирование используемых сервисом Google Maps высокодетальных снимков DigitalGlobe с разрешением 0.6 м/пк; определены предварительные границы раститель-

ного покрова в пределах высокогорных, горно-таежных и подтаежных высотных поясов. В процессе полевого обследования различных геоморфологических поверхностей горно-котловинной территории были собраны 198 геоботанических описаний, на основе которых осуществлена ландшафтная индикация выделенных контуров. На этапе сопряженного анализа полученных геоботанических данных, лесоустроительных материалов и топографических карт начала [16], середины и конца XX в. выявлены границы ассоциаций естественной и производной растительностью. Полученные данные позволили провести дифференциацию ландшафтных контуров на уровне групп фаций.

В основу ландшафтного картографирования в рамках данного исследования положено структурно-динамическое направление учения о геосистемах В.Б. Сочавы [14]. Легенда карты отражает системно-иерархическую дифференциацию, то есть каждая геосистема рассматривается как подсистема более крупной, которая в свою очередь представляет генерализованное отражение основных региональных закономерностей [6, 13, 14]. Опираясь на методику ландшафтного картографирования В.С. Михеева [8], мы в своей работе использовали 5-ступенчатую структуру легенды (тип природной среды – класс геомов – геом – класс фаций – группа фаций), объединяющую геосистемы трех порядков размерностей – планетарный, региональный и топологический порядки. Основой для выделения единиц, характеризующих региональную специфику территории, послужила карта «Ландшафты юга Восточной Сибири» [9], генерализованная территориальная структура которой при определенной картографической переработке применима при создании карт современного состояния ландшафтов в более крупном масштабе [6, 13]. Планетарные и региональные комплексы территории Тункинской котловины и ее горного обрамления согласно вышеназванной карте представлены Североазиатскими гольцовыми и таежными геосистемами, состоящими из двух классов геомов – гольцовых и подгольцовых Восточно-Саянских, а также горно-таежных Южно-Сибирских. В их пределах обозначены пять геомов – низшие подразделения региональной размерности, характеризующиеся определенными гидроклиматическими условиями развития и функционирования биоты.

При обособлении границ классов фаций учитывались морфогенетические особенности поверхности, которые, в свою очередь, отразились на особенностях развития биотических компонентов. Исследуемая территория отличается разнообразием морфологического строения. Это крутосклонные высокогорья хр. Тункинские Гольцы и пологий борт хр. Хамар-Дабан (ландшафтная структура последнего в настоящей рабо-

те не рассматриваются), а также соединяющий их Еловский отрог; это область молодых погружений, представленная многоозерьем вдоль среднего течения р. Тунка, а также реликтовый эоловый рельеф песчаного массива Бадары [18]. В результате обозначенные в легенде классы фаций территориально совпадают с границами вышеназванных морфологических элементов поверхности, ландшафтные особенности которых составляет широкий спектр групп фаций, представляющих совокупность фаций с однотипными растительными сообществами в пределах генетически единых поверхностей [12].

Динамический критерий в рамках данного исследования отражается через выделение групп фаций с естественным состоянием и групп фаций, характеризующих их производные состояния. Основным индикатором трансформированности выступает растительный покров, как компонент геосистем, наиболее чутко реагирующий на антропогенное и спонтанное (природное) воздействие. Поэтому при обособлении групп фаций из ряда биотических компонентов основное внимание уделено современному состоянию растительности без учета почвенных особенностей территории на данном ландшафтном уровне.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

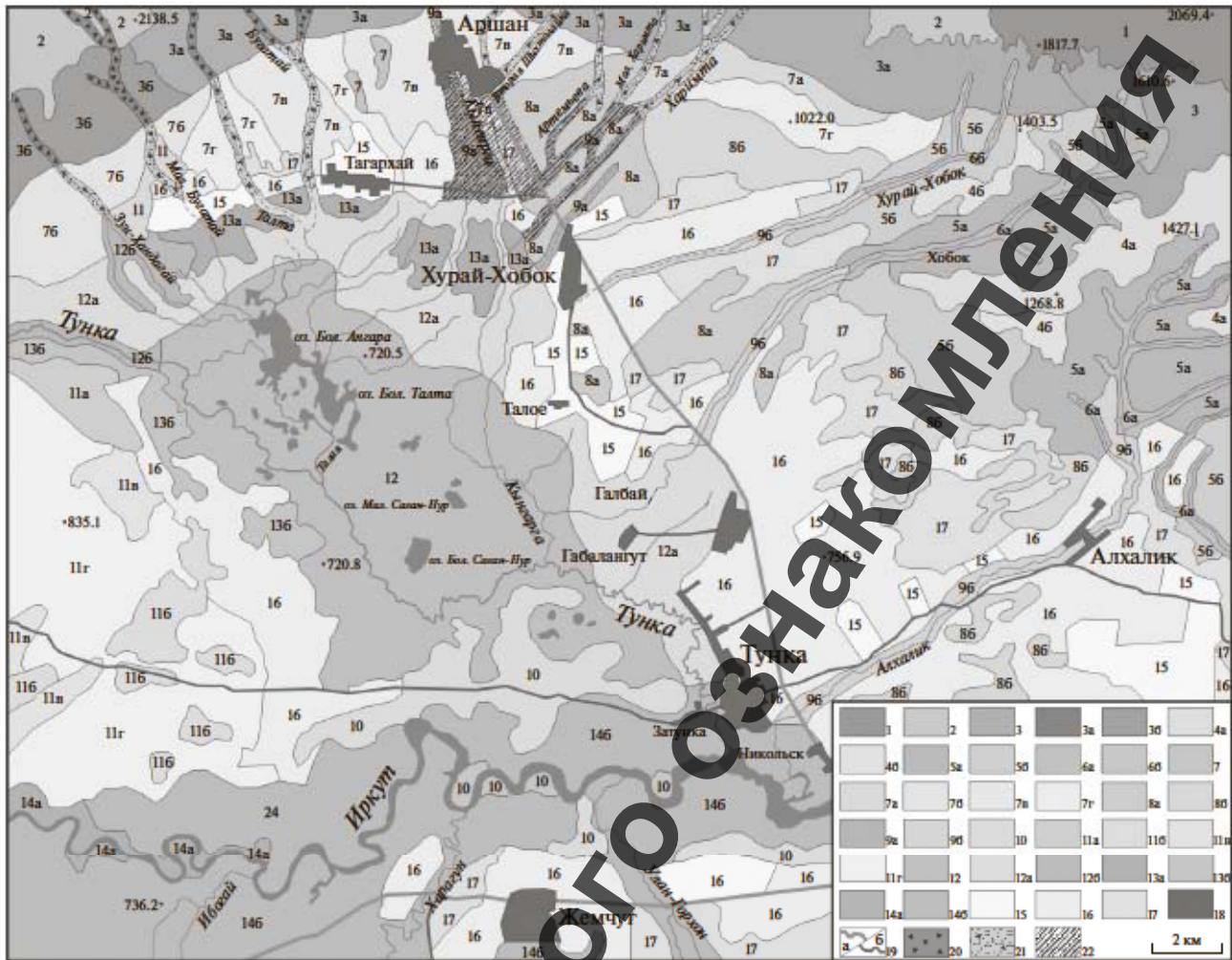
На основе выше обозначенных принципов ландшафтного картографирования составлена карта масштаба 1 : 100000 (рис. 1), отражающая естественную неоднородность ключевого участка Тункинской котловины и ее горного обрамления с учетом степени природной нарушенности и антропогенной преобразованности.

Как отмечено выше, структура геосистем планетарной и региональной размерности заимствована из легенды карты «Ландшафты юга Восточной Сибири» [9]; приоритетное внимание в статье уделено специфике выделения единиц топологического порядка — классов и групп фаций. Основными ландшафтообразующими факторами формирования геосистем ключевого участка являются особенности строения поверхности и интенсивность проявления процессов рельефообразования. Учитывая данные факторы как главные критерии выделения геосистем на уровне класса фаций, были обозначены их границы путем интегрального анализа топографической основы, геологической карты [4] и космических снимков DigitalGlobe, полученных из доступных открытых источников (Google Earth). В основу определения рубежей классов фаций легли принципы обособления основных морфологических элементов поверхности, обозначенные в работах по исследованию рельефа и ведущих современных процессов рельефообразования [2, 18]. Принимая во внимание определяющую роль процессов рельефообра-

зования в развитии и функционировании почвенно-растительного компонента геосистем, корректировка границ классов фаций осуществляется в соответствии с анализом схем районирования почвенного [11] и растительного [1, 9] покровов. В результате в пределах ключевого участка были обособлены шесть классов фаций.

С севера котловину окружают отроги Восточного Саяна — хр. Тункинские Гольцы — ледниково-эрозионные горы, вертикальное расчленение которых составляет 600–1200 м, а абсолютная высота достигает 3284 м (пик Стрельникова) [18]. Крутосклонный альпийский характер рельефа отражается на дифференциации почвенно-растительного покрова, что приводит к различиям в ландшафтной структуре, подчиненных высотной поясности. В высокогорной зоне выделен класс фаций *резко расчлененного альпийского рельефа высокогорий с разреженным растительным покровом, развивающийся на горно-тундровых и гольцово-дерновых почвах*. На крутых склонах в лесном поясе Тункинских Гольцов обособлен *лиственнично-кедровый класс фаций, развивающийся на горных мерзлотно-таежных почвах*. С востока котловина ограничена Еловским отрогом — низкогорным внутририфтовым массивом, возвышающимся над днищами впадин на 650 м при абсолютных высотах до 1427 м [18]. В его пределах выделен *межвпадинной горной перемычки лиственничный класс фаций на горно-таежных дерново-слабоподзолистых почвах*. К предгорным наклонным равнинам отнесены северные краевые части котловины вдоль подножий Тункинских Гольцов и западного склона Еловского отрога, характеризующиеся наклонной поверхностью, крутизна которой у подножий достигает 8°–10°, постепенно уменьшаясь вглубь озерно-аккумулятивной равнины [7]. Здесь обособлен *сосново-лиственничный класс фаций на горно-таежных дерновых почвах*. В пределах песчаного массива Бадары, возвышающегося в виде пологого купола на 150 м над низкими аккумулятивными равнинами, обозначен *сосновый класс фаций волнисто-увалистого рельефа закрепленных и полужакрепленных песков на серых лесных и дерново-слабоподзолистых супесчаных почвах*. В центральной части котловины, представленной Койморскими болотами, многоозерьями и озеровидными расширениями русел, а также на пойменно-террасовых участках р. Иркут выделен *лугово-болотный класс фаций плоской озерно-аллювиальной равнины на лугово-черноземных и торфянисто-перегнойно-глеевых почвах*.

Проведенное ранжирование территории Тункинской котловины и ее горного обрамления стало основой для дальнейшего деления на выделы групп фаций по критерию однородности растительных сообществ в пределах генетически единых поверхностей. Группы фаций обособлялись на основании данных полевых исследований, то-



пографических карт масштаба 1 : 100000 и материалов ДЗЗ, последним из которых отводилась ведущая роль по идентификации в пространстве обозначенных на лесотаксационной карте [5] доминирующих лесорастительных сообществ. При этом первоочередное внимание было уделено обособлению лесорастительных сообществ с доминированием спелых и перестойных хвойных древесных пород, что характеризует естественное состояние биогеоценозов. Молодняки и средневозрастные хвойные насаждения, а также мелколиственные любого возраста указывают на преобразованность геосистем в результате проявления антропогенного фактора.

По результатам дешифрирования космоснимков на топографическую основу были нанесены контуры фаций, характеризующиеся гомогенностью ландшафтных условий. Полученные данные были совмещены с выделенными контурами основных морфологических элементов рельефа — водоразделов, склонов и речных долин. Данная градация отражает влияние гравитационных процессов и условий увлажнения на формирование

растительных сообществ, а также, в целом, на динамическое состояние геосистемы. В результате объединения фаций со сходными биогеоценозами в пределах единых типов поверхности были обозначены границы четырнадцати групп фаций, отражающих естественное состояние геосистем. В силу влияния антропогенного фактора некоторые из них не находят своего проявления в ландшафтной структуре ключевого участка. Тем не менее, отражение в легенде естественных состояний групп фаций необходимо для обозначения того эталона, к эквифинальному состоянию которого будет стремиться геосистема после прекращения хозяйственного воздействия.

В целом, практически все выделенные группы фаций в той или иной степени подверглись антропогенному преобразованию, в результате чего большая их часть представлена производными состояниями. Ландшафтная дискретность обусловлена многовековым осуществлением сельскохозяйственных мероприятий; причиной широкого распространения производных хвойно-мелколиственных лесов становятся периодически повторяю-

Рис. 1. Ландшафтная карта ключевого участка Тункинской котловины. Условные обозначения см. в легенде.

Легенда к рисунку

СЕВЕРОАЗИАТСКИЕ ГОЛЬЦОВЫЕ И ТАЕЖНЫЕ ГЕОСИСТЕМЫ
ГОЛЬЦОВЫЙ (ГОРНО-ТУНДРОВЫЙ) И ПОДГОЛЬЦОВЫЙ ВОСТОЧНО-САЯНСКИЙ КЛАСС ГЕОМОВ

Гольцовые альпийские геомы

Резко расчлененного альпийского рельефа высокогорий с разреженным растительным покровом на горно-тундровых и гольцово-дерновых почвах класс фаций

1 – гребней водоразделов и каров обвально-осыпные с каменистыми пустошами и мохово-лишайниковыми тундрами;

2 – крутых склонов с кедровым и лиственничным редколесьем дриадово-кобрезиевые.

ГОРНО-ТАЕЖНЫЙ ЮЖНО-СИБИРСКИЙ КЛАСС ГЕОМОВ

Горно-таежные темнохвойные ограниченного развития геомы

Крутых горных склонов лиственнично-кедровый на горных мерзлотно-таежных почвах класс фаций

3 – крутых склонов кедровые с лиственницей кустарничково-зеленомошные, местами с баганом;

3а – крутых склонов и склонов средней крутизны кедрово-сосново-лиственничные с примесью березы зеленомошно-травяные;

3б – крутых склонов лиственнично-кедрово-сосновые с примесью березы зеленомошно-травяно-кустарничковые.

Горно-таежные лиственничные оптимального развития геомы

Межвпадинной горной перемычки лиственничный на горно-таежных дерново-слабоподзолистых почвах класс фаций

4 – боковых отрогов кедрово-лиственничные кустарничково-зеленомошные (нет на карте);

4а – боковых отрогов березово-лиственничные с примесью кедра и единичными экземплярами сосны травяно-кустарничковые;

4б – боковых отрогов лиственнично-березовые с примесью осины и сосны травяно-кустарничковые;

5 – крутых склонов и склонов средней крутизны лиственничные с участием сосны травяные (нет на карте);

5а – крутых склонов и склонов средней крутизны березово-лиственничные с примесью сосны травяно-кустарничковые;

5б – крутых склонов и склонов средней крутизны осиново-лиственнично-березовые с участием сосны травяно-кустарничковые;

6 – долин рек елово-лиственничные травяно-осоковые (нет на карте);

6а – долин рек елово-березово-лиственничные с ивой заболоченные травяно-осоковые;

6б – долин рек елово-сосново-березовые с примесью лиственницы кустарничково-зеленомошно-травяные.

Предгорных наклонных равнин сосново-лиственничный на горно-таежных дерновых почвах класс фаций

7 – пологих склонов и склонов средней крутизны лиственничные с участием кедра и сосны кустарничково-травяно-зеленомошные;

7а – пологих склонов и склонов средней крутизны березово-кедрово-сосновые с примесью лиственницы зеленомошно-кустарничково-травяные;

7б – пологих склонов и склонов средней крутизны березово-лиственнично-сосновые с примесью кедра травяно-кустарничковые;

7в – пологих склонов и склонов средней крутизны лиственнично-березово-сосновые с примесью кедра травяно-кустарничковые;

7г – пологих склонов и склонов средней крутизны осиново-сосново-березовые с примесью лиственницы и кедра кустарничково-травяные, местами кустарничково-травяно-зеленомошные;

8 – пологих склонов лиственнично-сосновые травяно-кустарничковые (нет на карте);

8а – пологих склонов осиново-березово-сосновые с примесью лиственницы кустарничково-травяные, местами зеленомошно-травяно-кустарничковые;

8б – пологих склонов сосново-березовые с примесью осины и лиственницы кустарничково-травяные;

9 – долин рек лиственнично-еловые зеленомошно-травяные (нет на карте);

9а – долин рек лиственнично-елово-сосновые с примесью березы зеленомошно-кустарничково-травяные;

9б – долин рек луговые травяно-осоковые, местами заболоченные, с зарослями березы и ивы вдоль русел, задействованные под сенокосы и пастбища.

Подгорные подтаежные сосновые геомы

Волнисто-увалистого рельефа закрепленных и полужакрепленных песков сосновый на дерново-слабоподзолистых и серых лесных почвах класс фаций

10 – дюнного и грядово-котловинного рельефа сосновые с примесью березы и лиственницы травяные, местами кустарничково-травяные с массивами оголенных песков, закрепленных и полужакрепленных травяной растительностью и кустарниками ивы;

11 – пологих склонов сосновые травяные с кустарниковым подлеском (нет на карте);

11а – пологих склонов лиственнично-березово-сосновые травяно-кустарничковые, местами зеленомошно-кустарничково-травяные, нарушенные низовыми пожарами;

11б – пологих склонов сосновые (молодняк) с единичными экземплярами березы со следами низовых пожаров травяно-кустарничковые, местами зеленомошно-кустарничково-травяные;

11в — пологих склонов лиственнично-сосновые редкостойные, нарушенные пожарами, с березово-сосновым и сосново-березовым подростом разнотравные;

11г — пологих склонов луговые разнотравные (послепожарные) с единичными экземплярами лиственницы и сосны, с березово-сосновым редким подростом.

Подгорные и межгорных понижений подгаежные лугово-степные геомы

Плоской озерно-аллювиальной равнины преимущественно лугово-болотный на лугово-черноземных и торфянисто-перегнойно-глебовых почвах класс фаций

12 — озерно-болотной низины луговые разнотравно-осоковые, местами разнотравно-хвощевые заболоченные;

12а — озерно-болотной низины луговые разнотравные и разнотравно-злаковые заболоченные с зарослями ивы и ерника, задействованные под сенокосы и пастбища;

12б — пойм и долин рек елово-лиственнично-березовые травяно-моховые;

13 — озерно-болотной низины пологие склоны лиственнично-еловые травяно-зеленомошные (нет на карте);

13а — пологих склонов долин березово-лиственнично-еловые травяно-зеленомошные, местами заболоченные;

13б — пологих склонов долин елово-лиственнично-березовые травяно-кустарничково-моховые;

14 — пойм и долин рек лугово-тальниковые с елью (нет на карте);

14а — пойм рек елово-березовые с примесью сосны и лиственницы кустарничково-мохово-травяные;

14б — пойм рек луговые разнотравные и разнотравно-злаковые, местами с зарослями ивы и ерника, задействованные под сенокосы и пастбища.

АНТРОПОГЕННО ПРЕОБРАЗОВАННЫЕ КОМПЛЕКСЫ

Плоского слабонаклонного рельефа шлейфов, конусов выноса и внутренних дельт сельскохозяйственные угодья на агроземах

15 — пологих склонов пашенные угодья;

16 — пологих склонов луговые остепненные разнотравно-вострецовые (залежь), местами с сосново-березовым и березово-сосновым подростом, используемые под сенокосы и пастбища;

17 — пологих склонов луговые разнотравные с колками сосново-березового и березово-соснового молодого леса (зарастающая пашня), используемые под сенокосы.

Селитебные и транспортные объекты:

18 — населенные пункты;

19 — автомобильные дороги (а — шоссейные, б — грунтовые).

ТРАНСФОРМИРОВАННЫЕ КОМПЛЕКСЫ ЗОН СХОДА СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ

(переменные состояния геосистем долинных комплексов)

20 — глубоковрезанных речных долин высокогорий зона зарыбления и транзита грязекаменных потоков, а также зона аккумуляции валунных наносов;

21 — речных долин предгорных территорий зона транзита водогрязевых потоков и аккумуляции влекомых (валунных и древесных) наносов;

22 — пойм и речных долин равнинных территорий, а также линейных селитебно-транспортных объектов зона транзита водогрязевых потоков и аккумуляции взвешенных (песчано-глинистых) и древесных наносов.

Примечание: цифрой обозначены группы фаций с естественным состоянием растительности, аналогичной цифрой с литерой — ее производные состояния.

щиеся лесные пожары, возникновение которых в основном связано с неосторожным обращением с огнем, поджогами и весенними палами.

Анализ полученного изображения показал неравномерность проявления антропогенных факторов в формировании составляющих их групп фаций. Практически не затронуты хозяйственной деятельностью геосистемы вершин хр. Тункинские Гольцы. В лесном поясе на склонах хребта высотно-поясная дифференциация групп фаций осложнена влиянием пирогенного фактора — лесные пожары обусловили значительное присутствие березы в древесном ярусе, а также сосны, через которую происходит восстановление на южных, более прогреваемых склонах. Периодически повторяющиеся пожары, уничтожающие до 8000 га лесонасаждений за один пожароопасный сезон [10], стали причиной полного истребления произрастающих естественных сосновых боров в урочище Бадары. В пределах озерно-аллювиальной равнины наибольшее распространение получили груп-

пы фаций разнотравно-осоковых заболоченных лугов, которые исторически являются продуктивными естественными кормовыми и сенокосными угодьями, что привело к их заметной антропогенной нарушенности.

С целью отображения антропогенно преобразованных геосистем, характеризующих производственную направленность осуществляемых мероприятий, в ходе дешифрирования космоснимков на топографическую основу нанесены объекты и границы хозяйственно-бытовой инфраструктуры. В результате были обозначены пашни (действующие и зарастающие), жилая застройка и линейные промышленные объекты. Полученное изображение демонстрирует покрытие исследуемого полигона почти на треть обрабатываемыми и залежными угодьями, а с учетом лугов, задействованных под сенокосы и пастбища, на долю сельскохозяйственных земель приходится более половины площади. В целом, степень преобразованности геосистем днища котловины составляет 70–80% [10].

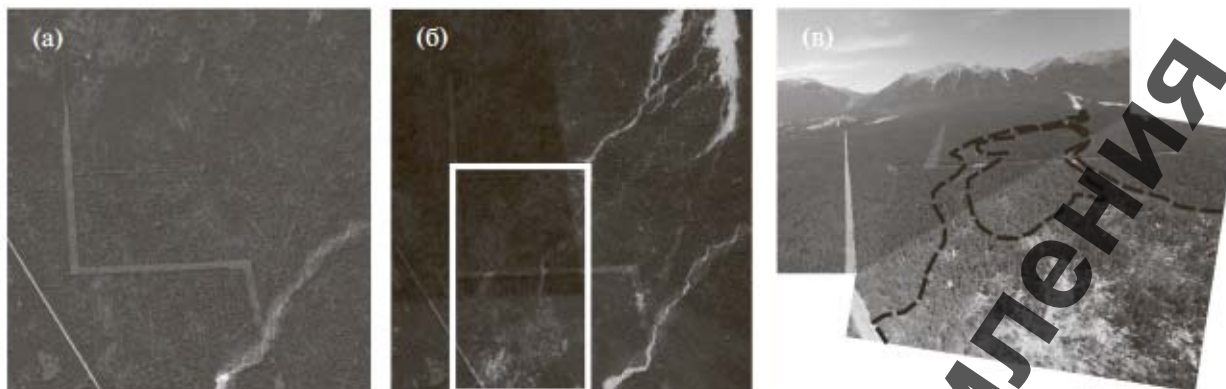


Рис. 2. Уточнение индикационных признаков отображения последствий схода селевых потоков с помощью данных ДЗЗ: а – фрагмент космоснимка 2013 г. (за год до схода селей в окрестностях пос. Аршан); б – фрагмент космоснимка 2017 г. (спустя 3 г. после схода селей) с отмеченным участком, требующим уточнения в плане смыслового заполнения контура; в – фотоплан, составленный из снимков, полученных с помощью БПЛА, с выделенной зоной аккумуляции взвешенных наносов, образованной после схода водогазевых потоков 2014 г. Фото С.А. Макарова.

Решая задачу отражения влияния катастрофических экзогенных процессов на ландшафтный облик территории, при картографировании обособлены комплексы, нарушенные сходом селей. Принимая во внимание опыт коллег в области зонирования и отображения селевых потоков [15, 19, 20], а также учитывая специфику условий формирования морфодинамических селевых зон, в высокогорной части хр. Тункинские Гольцы обозначены зоны зарождения и транзита грязекаменных потоков, в пределах переходной зоны от днщ котловины к горам – зоны транзита водогазевых потоков и аккумуляции влекомых валунных наносов, на пологих склонах собственно Тункинской котловины – зоны транзита и аккумуляции взвешенных песчано-глинистых наносов.

Обособление первых двух зон осуществлено посредством дешифрирования космоснимков. Выделение зон аккумуляции взвешенных наносов в пределах залесенных территорий потребовало уточнения, для чего были применены данные, полученные с помощью беспилотного летательного аппарата (БПЛА) DJI Phantom 3 Advanced (рис. 2). В ключевых участках были выполнены более 15 запусков БПЛА, в результате чего получены снимки поверхности под разными углами съемки и с различных высот (от 60 до 350 м). С их помощью удалось определить индикационные признаки зон накопления песчано-глинистых наносов в лесных массивах, которые на космоснимках были схожи с участками оголенных песков. Таким образом, применение современных инструментов регистрации изображений дает возможность оперативно реагировать на происходящие в геосистемах преобразования и способствует фиксации на карте новой актуальной информации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Синтезированное отображение особенностей функционирования геосистем в естественных и антропогенных условиях является основой современных ландшафтных карт. Составленная в масштабе 1 : 100 000 карта Тункинской котловины и ее горного обрамления содержит информацию как об основных инвариантных свойствах геосистем, характеризующих природный базис формирования, так и о динамических тенденциях в условиях интенсивного воздействия производственных мероприятий. На уровне классов фации хорошо прослеживается влияние естественных (природных) факторов – особенностей морфологического строения поверхности горно-котловинных территорий, подверженных интенсивно проявляющимся современным процессам рельефообразования. Степень антропогенной преобразованности отражают группы фаций – ландшафтная дискретность обусловлена постагрогенной и постпирогенной восстановительной динамикой геосистем.

Интегрированное воспроизведение естественных геосистем и их антропогенных модификаций характеризует ландшафтные карты как универсальную модель для решения широкого спектра географических проблем. На их основе возможно составление прогнозных вариантов развития как восстановительных процессов, так и дигрессионных динамических тенденций функционирования трансформированных компонентов горно-котловинных геосистем. Синтезированное отображение на ландшафтной основе хозяйственной освоенности территории и очагов распространения неблагоприятных природных процессов может быть полезно при анализе, моделировании и прогнозе проявления катастрофических природных процессов, при разработке способов адаптации к последствиям этих изменений, при зонировании территории для планировочных решений

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена по направлению НИР № 0347-2016-0001 «Экзогенное рельефообразование на юге Сибири в позднем плейстоцене и голоцене» в части № 127 Программы ФНИ государственных академий наук на 2013–2020 гг. «Динамика и механизмы изменения ландшафтов, климата и биосферы в кайнозое, история четвертичного периода», а также при финансовой поддержке РФФИ и правительства Республики Бурятия в рамках научного проекта № 18-45-030039 p_a.

FUNDING

The work was carried out within the framework of the research theme no. 0347-2016-0001 “Exogenous relief formation in the south of Siberia in the Late Pleistocene and Holocene” (part no. 127 of the Program of Fundamental Scientific Research of State Academies of Sciences for 2013–2020 “Dynamics and mechanisms of changes of landscapes, climate and biosphere in the Cenozoic, the history of the Quaternary”) and with financial support of RFBR and Government of the Republic of Buryatia (project no. 18-45-030039 p_a).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоусов В.М., Будэ И.Ю., Радзиминович Я.Б. Физико-географическая характеристика и проблемы экологии юго-западной ветви Байкальской рифтовой зоны. Учеб. пособие. Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 2000. 160 с.
2. Выркин В.Б. Рельеф и современные экзогенные процессы Баргузинской и Тункинской котловин // Рельеф и склоновые процессы юга Сибири / отв. ред. Л.Н. Ивановский. Иркутск: Ин-т географии СО АН СССР, 1988. С. 3–24.
3. Выркин В.Б. Современное экзогенное рельефообразование котловин байкальского типа. Иркутск: Изд-во ИГ СО РАН, 1998. 175 с.
4. Геологическая карта СССР. М-6 1 : 200000. Сер. Восточно-Саянская. Л. М-48-1. М.: Всесоюзный аэрогеологический трест Министерства геологии СССР, 1969. 1 л.
5. Карта-схема лесонасаждений Тункинского национального парка Республики Бурятия. Лесоустройство 1996 г. М-6 1 : 100000. Ресурсхоз: Воронежлеспроект, 1997. 1 л.
6. Коновалова Т.И. Геосистемное картографирование. Новосибирск: Академ. изд-во “Гео”, 2010. 186 с.
7. Логачев Н.А., Галкин В.И., Голдырев Г.С. Впадины Байкальской системы // Нагорья Прибайкалья и Забайкалья / отв. ред. Н.А. Флоренсов. М.: Наука, 1974. С. 21–56.
8. Михеев В.С. Ландшафтно-географическое обеспечение комплексных проблем Сибири. Новосибирск: Наука, 1987. 208 с.
9. Михеев В.С., Ряшин В.А. Ландшафты юга Восточной Сибири. Карта м-ба 1 : 1500000. М.: ГУГК, 1977. 4 л.
10. Плишкина О.В., Ахаржанова Т.В. Геоэкологические особенности ландшафтов межгорных котловин (Тугнуйская и Тункинская котловины). Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2011. 160 с.
11. Почвенно-географическое районирование СССР (в связи с сельскохозяйственным использованием земель) / отв. ред. П.А. Летунов. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 424 с.
12. Семенов Ю.М. Ландшафтно-картографирование для целей рационального природопользования // География и природные ресурсы. 1985. № 2. С. 22–27.
13. Семенов Ю.М., Суворов Е.Г. Геосистемы и комплексная физическая география // География и природные ресурсы. 2007. № 3. С. 11–19.
14. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. 320 с.
15. Ступин В.П., Пластинин Л.А., Сыренов Д.Г. Картографирование и морфодинамический анализ селевых процессов Тункинской котловины // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Международные науч. конгрессе и выставка (Новосибирск, 13–25 апреля 2015 г.). 6-я Международная науч. конф. «Раннее предупреждение и управление в кризисных ситуациях в эпоху “Больших данных”»: сб. материалов. Новосибирск, 2015. С. 38–42.
16. Тунка (топографическая карта м-ба 1 : 84000 верст) / Управление Иркутского переселенческого района, 1914 г.
17. Хорошев А.В. Современные направления структурного ландшафтоведения // Изв. РАН. Сер. геогр. 2016. № 3. С. 7–15.
18. Щетников А.А., Уфимцев Г.Ф. Структура рельефа и новейшая тектоника Тункинского рифта (Юго-Западное Прибайкалье). М.: Научный мир, 2004. 160 с.
19. Chao M., Kai-heng H., Qiang Z., Mi T. Characteristics of clustering debris flows in Wenchuan earthquake zone // J. Mountain Sci. 2013. V. 10. № 6. P. 953–961.
20. Stalsberg K., Fischer L., Rubensdotter L., Sletten K. Approaches to shallow landslide and debris flow – assessments in Norway // Landslides and Engineered Slopes: Protecting Society through Improved Understanding. London: Taylor & Francis Group, 2012. P. 737–740.

Mapping of Anthropogenic and Spontaneous (Natural) Transformation of the Geosystems of the Tunkinskaya Depression

Zh. V. Atutova*

Sobchava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Science, Irkutsk, Russia

*e-mail: atutova@mail.ru

Received September 5, 2018; revised March 5, 2019; accepted October 3, 2019

The article focuses on the specifics of medium-scale landscape mapping using traditional methods. For mapping studies of modern tendencies of geosystem's functioning was chosen the part of the Tunkinskaya depression and

the mountains surrounding it (Southwestern Cisbaikalia). A landscape map was created in the scale of 1 : 100000. It reflects the differentiation of the territory into categories of landscape structures according to the types of zonal-altitude-belt conditions of the natural environment. The conditions differ in morphological and phytocenotic properties, as well as in anthropogenic transformation. The main factors of landscape discreteness are the morphological features of the surface structure of mountain-valley territories. The dynamics of the geosystem's functioning reflects the complexes with natural vegetation and their derivatives biocenoses formed in the process of agricultural and pyrogenic transformation. The variable states include complexes formed in river valleys as a result of the manifestation of debris flows activity. The result is an image of the current state of geosystems. This is the scientific basis for predicting the development of geosystems, taking measures to optimize environmental management and addressing the risk of hazardous natural processes.

Keywords: geosystem, landscape differentiation, landscape mapping, interpretation, relief, vegetation, debris flows, transformation, dynamics

REFERENCES

1. Belousov V.M., Bude I.Yu., Radziminovich Ya.B. *Fiziko-geograficheskaya kharakteristika i problemy ekologii yugo-zapadnoi vetvi Baikalskoi riftovoi zony: Ucheb. posobie* [Physical Geographic Characteristics and Ecological Problems of the Southwestern Branch of the Baikal Rift Zone: Textbook]. Irkutsk: Irkutskii Gos. Univ., 2000. 160 p.
2. Vyrkin V.B. The relief and modern exogenous processes of the Barguzin and Tunkin basins. In *Rel'ef i sklonovye protsessy yuga Sibiri* [The Relief and Slope Processes in the South of Siberia]. Ivanovskii L.N., Ed. Irkutsk: Ins. Geogr. Sib. Otd. Akad. Nauk SSSR, 1988, pp. 3–24. (In Russ.).
3. Vyrkin V.B. *Sovremennoe ekzogennoe rel'efoobrazovanie kotlovin baikal'skogo tipa* [Modern Exogenous Relief Formation of the Baikal Type Depressions]. Irkutsk: Ins. Geogr. Sib. Otd. Akad. Nauk SSSR, 1998. 175 p.
4. *Geological Map of the USSR. Scale 1 : 200000. The East-Sayan series.* Moscow: All-Union Aerogeol. Trust of the USSR Ministry of Geol., 1969. Sh. M-46-1.
5. *The Map-scheme of Afforestation of the Tunkinsky National Park of the Republic of Buryatia. Forestry, 1996. Scale 1 : 100000.* Voronezhlesproekt, 1997. Sh. 1.
6. Konovalova T.I. *Geosistemnoe kartografirovanie* [Geosystem Mapping]. Novosibirsk: Geo Publ., 2010. 186 p.
7. Logachev N.A., Galkin V.I., Goldyrev G.S. Deepes of the Baikal system. In *Nagornya Pribaikal'ya i Zabaikal'ya* [Highlands of Pribaikalye and Transbaikalia]. Florensov N.A., Ed. Moscow: Nauka Publ., 1974, pp. 21–56. (In Russ.).
8. Mikheev V.S. *Landshaftno-geograficheskoe obespechenie kompleksnykh problem Sibiri* [Landscape-Geographical Support of Complex Problems of Siberia]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1987. 208 p.
9. Mikheev V.S., Ryashin V.A. *Landscapes of the South of Eastern Siberia. Map of Scale 1 : 1500000.* Moscow: GUGK, 1977.
10. Plishkina O.V., Akharzhanova T.V. *Geoekologicheskie osobennosti landshaftov mezhgornnykh kotlovin (Tugninskaya i Tunkinskaya kotlovin)* [Geoecological Features of the Landscapes of Intermountain Depressions (Tugninskaya and Tunkinskaya Depressions)]. Ulan-Ude: VSGTU, 2011. 160 p.
11. *Pochvenno-geograficheskoe raionirovanie SSSR (v svyazi s sel'skokhozyaistvennym ispol'zovaniem zemel')* [Soil-geographical Zoning of the USSR (in Connection with Agricultural Use of Lands)]. Letunov P.A., Ed. Moscow: Akad. Nauk SSSR, 1962. 424 p.
12. Semenov Yu.M. Landscape mapping for environmental management purposes. *Geogr. Prir. Resur.*, 1985, no. 2, pp. 22–27. (In Russ.).
13. Semenov Yu.M., Suvorov E.G. Geosystems and comprehensive physical geography. *Geogr. Prir. Resur.*, 2007, no. 3, pp. 11–19. (In Russ.).
14. Sochava V.B. *Vvedenie v uchenie o geosistemakh* [The Introduction to the Theory of Geosystems]. Novosibirsk: Nauka Publ., 1978. 320 p.
15. Stupin V.P., Plastinin L.A., Syrenov D.G. Cartography and morphodynamic analysis of mudflow processes of the Tunkinskaya hollow. In *Interekspo GEO-Sibir'-2015. XI Mezhd. nauchn. kongress i vystavka (Novosibirsk, 13–25 aprelya 2015 g.). 6-ya Mezhd. nauchn. konf, "Rannee preduprezhdenie i upravlenie v krizisnykh situatsiyakh v epokhu "Bol'shikh dannyykh"* [Interexpo GEO-Siberia-2015. XI Int. Sci. Congress and Exhibition (Novosibirsk, April 13–25, 2015). 6th Int. Sci. Conf. Early Warning and Crisis Management in the Era of Big Data]. Novosibirsk, 2015, pp. 38–42. (In Russ.).
16. *Tunka (Topographic Map of Scale 1 : 84000 verst).* Direction of the Irkutsk Resettlement District, 1914.
17. Khoroshev A.V. Modern trends in structural landscape study. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2016, no. 3, pp. 7–15. (In Russ.).
18. Shchetnikov A.A., Ufimtsev G.F. *Struktura rel'efa i noveishaya tektonika Tunkinskogo rifta (Yugo-Zapadnoe Pribaikal'e)* [The Structure of the Relief and the Latest Tectonics of the Tunkinsky Rift (Southwestern Cisbaikalia)]. Moscow: Nauchnyi Mir Publ., 2004. 160 p.
19. Ma C., Hu K., Zou Q, Tian M. Characteristics of clustering debris flows in Wenchuan earthquake zone. *J. Mt. Sci.*, 2013, vol. 10, no. 6, pp. 953–961. doi 10.1007/s11629-013-2410-5
20. Stalsberg K., Fischer L., Rubensdotter L., Sletten K. Approaches to shallow landslide and debris flow – assessments in Norway. In *Landslides and Engineered Slopes: Protecting Society through Improved Understanding.* London: Taylor & Francis Group, 2012, pp. 737–740.