

МЕТОДИКА НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

УДК 911.52

А. А. ФРОЛОВ

Институт географии СО РАН, г. Иркутск

ГЕОИНФОРМАЦИОННОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ ЛАНДШАФТОВ (НА ПРИМЕРЕ ЮЖНОГО ПРИБАЙКАЛЯ)

Представлены методы и результаты геоинформационного картографирования ландшафтной структуры участка территории Южного Прибайкалья. На основе готовой карты и базы данных ГИС проведен геоинформационный анализ территории. Создана серия инвентаризационных карт показателей, отражающих пространственную изменчивость геосистем.

Ключевые слова: ландшафтная структура, изменчивость геосистем, геоинформационное картографирование, биогеоценоз.

Presented are the methods and results of geoinformational mapping of the landscape structure in a portion of the territory of Southern Cisbaikalia. The thus generated map and the GIS database were used in the geoinformational analysis of the territory. A series of inventory maps has been created for the parameters reflecting spatial variability of geosystems.

Keywords: landscape structure, variability of geosystems, geoinformational mapping, biogeocenosis.

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость изучения изменений окружающей среды, вызванных естественными и антропогенными причинами, нередко с негативными последствиями для ландшафтов, постоянно возрастает. В решении этой задачи используются процедуры геоинформационного картографирования, что связано с развитием дистанционных методов мониторинга состояния территории и широким применением ГИС-технологий обработки данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) с расчетом различных ландшафтных индексов [1–3]. Эти материалы дополняются статистическими данными, полученными при инвентаризации земель и проведении наземных комплексных полевых исследований ландшафтов на маршрутах и трансектах. Накопленная информация синтезируется в ходе камеральной обработки с использованием ГИС. Важный этап итогового геоинформационного картографирования — содержательная интерпретация данных, на основе которой создаются легенда карт изменчивости и соответствующая серия оценочных карт разных аспектов изменения ландшафтов.

В исследовании изменчивости будем исходить из традиционных представлений сибирской ландшафтной школы [4–8]. Изменчивость — сложное свойство географических систем, отражающее многообразие видов пространственно-временных изменений состояния геосистем. Существование устойчивости и изменчивости определяется двойственной природой организации географической среды, выраженной в соотношении дискретного и непрерывного начал пространственно-временных вариаций геосистем. Под непрерывной изменчивостью понимается постепенное, плавное изменение характеристик состояния геосистем, обычно в рамках их качественной определенности, связанной с инвариантом. К непрерывным изменениям относится естественная и антропогенная динамика геосистем, выраженная в последовательности стадий (переменных состояний фаций — биогеоценозов) восстановления коренного биогеоценоза после воздействий разной силы, не превышающих допустимых значений. Дискретная изменчивость подразумевает смену инварианта, связанную с выходом состояния геосистемы за область допустимых значений, когда точкой притяжения становится новое коренное состояние со своей областью устойчивости. Качественные дискретные преобразования одного

типа геосистем в другой со сменой инварианта протекают на фоне быстрых или медленных изменений характеристик геосистем как в пространстве, так и во времени. Выражением дискретной пространственно-временной трансформации являются типологическая дифференциация ландшафтного пространства, катастрофические преобразования и эволюция геосистем с изменением геолого-геоморфологической основы и без ее изменения, например при долгосрочных климатических сменах и на фоне биологической эволюции [9–11].

Изменчивость ландшафтов объясняется одним из основных положений учения о геосистемах В. Б. Сочавы [4], в соответствии с которым геосистемы представлены разного рода коренными структурами и переменными состояниями, подчиненными определенному инварианту, изменение которого выражается в эволюции геосистемы. Переменные состояния геосистем рассматриваются как различные модификации коренной структуры — серийные геосистемы, восстановительные стадии и сезонные фазы коренных и серийных геосистем. Наиболее приемлемая модель анализа изменчивости — факторально-динамические ряды фаций, показывающие характер и степень трансформации коренной плакорной геосистемы [12]. В модели факторально-динамических рядов геосистемы как бы располагаются на факторной оси соответствующего ряда (литоморфного, гидроморфного и др.), занимая позицию в зависимости от степени видоизменяющего влияния (позиция коренной, мнимокоренной и серийной фации) [7].

Следует отличать коренные, мнимокоренные и серийные фации, выделенные по факторально-динамическим признакам, от коренных и серийных биогеоценозов (переменных состояний фации), относящихся к процессу восстановительной сукцессии (динамики) [6]. А. А. Крауклис выделял три переменных состояния фации: активизацию, стагнацию, нормализацию [13]. Активизация обусловлена усилением интенсивности вещественно-энергетического обмена в биогеоценозе, сопровождающимся увеличением продуцирования биомассы, что характерно для первых сукцессионных стадий (молодые травянистые, кустарниковые и лесные сообщества). Стагнация — ослабление вещественно-энергетического обмена и уменьшение продуцирования биомассы, накопление медленно гумусирующейся отмершей органики, что типично, например, для темнохвойных мелколесий. Состояние нормализации сочетает в себе черты и активизации, и стагнации, но проявляются те и другие в умеренной степени (лиственные, светло- и темнохвойно-лиственные крупнолесья).

Результаты наших исследований представлены на примере геоинформационного картографирования ландшафтной структуры территории Южного Прибайкалья, т. е. структуры, элементами которой являются коренные и переменные состояния геосистем, характерные для исследуемых ландшафтов. Необходимо отметить, что модель факторально-динамических рядов А. А. Крауклиса [13] в определенной степени универсальна, поэтому с использованием географической экстраполяции она применялась для территории исследования.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объекта исследования выбран участок территории Южного Прибайкалья. В системе физико-географического районирования участок относится к двум ландшафтным округам: Китойско-Ангарскому предгорно-равнинному подтаежному округу Верхнеприангарской болотно-остепненной и подтаежной подгорной провинции Южно-Сибирской горной области (север участка); Юго-Западному береговому горно-таежному округу Прибайкальской гольцово-горнотаежной и котловинной провинции Байкало-Джугджурской горно-таежной области (юг участка) [14]. Первый из округов охватывает Олхинское плато, второй — отроги Приморского хребта.

На участке сходятся две различные по своему характеру тектонические структуры — Иркутский амфитеатр и Байкальская рифтовая зона, что в значительной степени определило разнообразие форм рельефа и геологического строения. Северная часть участка характеризуется холмисто-увалистым и грядовым рельефом (высота водоразделов 500–650 м над ур. моря). Здесь распространены породы юрского возраста (песчаники, алевролиты, конгломераты и др.). На стыке Восточного Саяна и Приморского хребта рельеф среднегорный (до 950 м над ур. моря), склоны расчленены падами и небольшими ложбинами. В составе отложений преобладают кристаллические сланцы, гнейсы и изверженные гранитоидные породы. Климат резко континентальный. Годовое количество осадков 270–500 мм [15].

Исследуемый участок входит в средне- и низкогорный почвенный округ с дерново-подзолистыми и дерновыми лесными почвами [16]. В долинах рек доминируют дерновые луговые и аллювиальные почвы. Участок находится на границе двух растительных формаций: Южно-Сибирской и Среднесибирской [17]. Южно-Сибирская формация представлена горно-таежными темнохвойными и

светлохвойными лесами с преимущественно кустарничково-травяно-моховым покровом. Они расположены на южной, более возвышенной части территории. В составе Среднесибирской формации присутствуют подтаежные сосновые и лиственнично-сосновые леса с разнотравным покровом, которые занимают более низкое местоположение на севере территории [18].

Ландшафты представлены группой Южно-Сибирских горно-таежных геомов и в меньшей степени — Байкало-Джугджурской. На севере участка распространены геосистемы геома подгорных подтаежных территорий сосновых лесов. Олхинское плато занято отчасти геосистемами горно-таежного геома сосновых лесов, а южнее к Байкалу распространены геосистемы горно-таежного геома темнохвойных лесов ограниченного развития и лиственничных лесов оптимального развития. Широкие поймы рек и ручьев заняты геосистемами подгорно-долинного геома лугово-болотных территорий [19, 20].

Для изучения и картографирования изменчивости ландшафтов использовалась разнокачественная информация: космическая (снимки Landsat 5 TM, данные из интернет-сервиса Google Earth, данные SRTM); картографическая (тематические, топографические карты) [17, 19, 20]; материалы полевых исследований; электронные топоосновы различных масштабов; литературные источники (общеландшафтные и покомпонентные специальные тематические работы на изучаемую территорию) [14–16, 18, 21].

Работы проводились в три этапа: 1) подготовительный; 2) комплексные маршрутные исследования ландшафтов; 3) камеральная обработка полученных данных в сочетании с использованием данных ДЗЗ.

На подготовительном этапе с использованием данных ДЗЗ предварительно выделены границы ареалов геосистем. По яркостным значениям пикселей, структуре и текстуре выделов намечались ключевые участки и составлялся маршрут исследования с целью пересечения как можно большего количества разнообразных выделов и охвата всех показательных участков территории.

Маршрутные исследования на территории Южного Прибайкалья осуществлялись в летне-осенний период (июль–сентябрь) 2007–2011 гг. Произведены ландшафтные описания 70 участков, сделано 28 видовых фотоснимков. В экспедиционных работах особое внимание уделялось ландшафтным характеристикам, отражающим особенности динамического состояния геосистем (факторальный ряд, серийность, особенности рельефа, выход горных пород, видовая и возрастная структура фитоценоза, сукцессионные стадии восстановления растительности, характер антропогенных трансформаций). На протяжении всего маршрута проводилась визуальная проверка дешифрированных материалов — сравнение результатов обработки снимка и натуральных наблюдений.

Затем в лабораторных условиях создавалась единая таблица базы данных ГИС территории исследования, куда вносились сведения из полевых описаний. Наряду с визуальным дешифрированием для корректировки и типизации выделов проводилась автоматическая обработка космических снимков на основе яркостного анализа. Идентификация выделов по ключевым участкам на местности и дальнейшее их ранжирование методом параллелепипедной классификации позволили рассортировать все выделы в пространстве яркостных характеристик и типизировать их [22]. Также для типизации ландшафтных выделов применялась программа компьютерной обработки многозональных снимков MultiSpec, в которой использовался метод контролируемой классификации с обучением (способ спектрально-пространственной классификации ECHO (Extraction and Classification of Homogeneous Objects — распознавание и классификация однородных объектов), учитывающий пространственную однородность классов объектов) [23]. В качестве обучающих выборок (ключевых участков) также использовались участки описания биогеоценозов в полевых исследованиях, отнесенных к разным фациям в зависимости от характеристик местоположения.

Для проверки объективности результатов отнесения выделов к тому или иному классу и группе фаций проведен анализ морфологии рельефа посредством сравнения карт крутизны и экспозиции склонов, построенных на основе данных SRTM, с сеткой ландшафтных выделов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Проведенные исследования позволили получить представление о структуре коренных и переменных состояний геосистем, отражающих изменчивость горно-таежных и подтаежных ландшафтов территории. На построенной ландшафтно-типологической карте (рис. 1) показаны гомогенные ареалы природных и природно-антропогенных геосистем — биогеоценозы и участки геотехнических систем (см. легенду). В легенде карты и в базе данных ГИС последовательно отображены разные стороны

изменчивости геосистем: их таксономическая принадлежность, факторально-динамические свойства, степень серийности, переменные (динамические) состояния, степень и виды антропогенной нарушенности геосистем. На карте показано 596 выделов, относящихся к 78 типам биогеоценозов и трем типам антропогенно-трансформированных территорий: а — селитебные, б — сельскохозяйственные, и — пирогенные (свежие гари). На основе карты и базы данных ГИС проведен геоинформационный анализ территории с созданием серии оценочных карт, отражающих пространственную дискретную и непрерывную изменчивость геосистем: геомную структуру, факторально-динамические ряды, динамическое состояние (см. рис. 1), степень нарушенности (рис. 2), серийность (рис. 3).

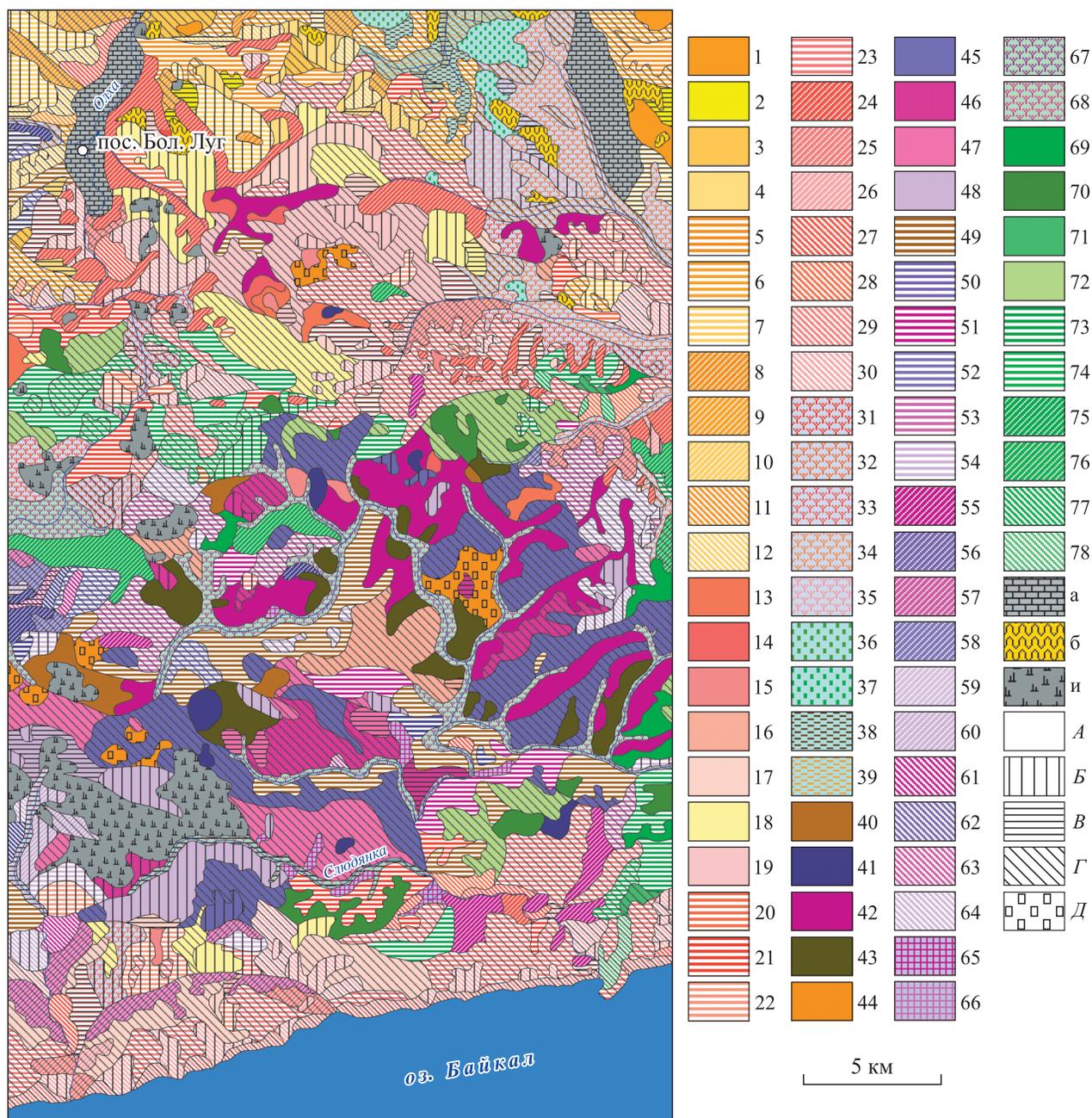


Рис. 1. Геосистемы Южного Прибайкалья, их естественные варианты и антропогенные модификации.

1–78 — типы биогеоценозов (см. легенду). Антропогенно трансформированные территории: а — селитебные, б — земли сельскохозяйственного использования, и — свежие гари. Динамическое состояние геосистем: А — ко- ренное состояние, Б — активизация, В — стагнация, Г — нормализация, Д — стагнация и нормализация.



Рис. 2. Степень нарушенности геосистем участка территории Южного Прибайкалья.

Геосистемы: 1 — условно нарушенные, 2 — слабо нарушенные, 3 — средненарушенные, 4 — сильно нарушенные, 5 — разрушенные, 6 — разрушенные и искусственно преобразованные.

Территория исследования представлена геосистемами пяти геомов — местными вариациями таежно-зональной нормы. Выделено шесть степеней нарушенности геосистем (см. рис. 2). Условно ненарушенные ландшафты расположены в основном на юге и юго-востоке территории, что во многом объясняется наличием здесь Прибайкальского национального парка с ограниченной хозяйственной деятельностью. Присутствие геосистем средней степени нарушенности связано главным образом с частыми лесными пожарами и локальными рубками. Наибольшее количество нарушенных геосистем сосредоточено вблизи населенных пунктов, железнодорожных путей и автодорог (на севере и северо-западе исследуемой территории). Районы с максимальной степенью нарушенности приурочены к селитебным территориям.

Видам антропогенных нарушений геосистем соответствует определенная степень нарушенности территории исследования: а — селитебные территории (населенные пункты, садоводства) (степень нарушенности 6); б — земли сельскохозяйственного использования (сенокосы, пастбища, поля) (3, 4, 5); в — вырубki с возобновлением древостоя через мелколиственные породы (4); г — вырубki с возобновлением древостоя через хвойные породы (2, 3); д — гари с возобновлением древостоя через мелколиственные породы (4); е — гари с возобновлением древостоя через хвойные породы (2, 3); ж — гари с сильным прогоранием и эрозией почв (5); з — средне- и сильно нарушенные геосистемы за счет техногенного загрязнения компонентов ландшафта (3, 4); и — свежие гари (2–5). Приуроченность антропогенно трансформированных биогеоценозов к тем или иным видам нарушений показана в легенде к карте (см. текст).

На участке исследования выделяются геосистемы нескольких классов фаций, относящихся к следующим факторально-динамическим рядам: субгидроморфному (по долинам рек, ручьев, межгорным и водосборным понижениям, на заболоченных участках), сублитоморфному (на склонах с близким залеганием горных пород), субгидролитоморфному (приводораздельные местоположения), ксеролитоморфному (склоны южных экспозиций с выходами горных пород). По степени серийности (см. рис. 3) геосистемы подразделяются на коренные, расположенные на приводораздельных участках ландшафта, мнимокоренные, приуроченные к пологим склонам и склонам средней крутизны, и серийные, которые располагаются на крутых склонах с выходами горных пород, а также в местах с избыточным увлажнением. Необходимо отметить, что группы фаций водоразделов горно-таежных геомов не в полной мере отражают зонально-региональную норму. Однако в рамках определенного горно-таежного геоба топогеосистемы, расположенные на плоских водоразделах и выположенных приводораздельных поверхностях относительно топогеосистем других местоположений того же геоба, можно отнести к

Рис. 3. Серийность геосистем участка территории Южного Прибайкалья.

Группа фаций: 1 — коренная, 2 — мнимокоренная, 3 — серийная. а, б, и — см. рис. 1.

коренной группе фаций. Данный принцип построения прослеживается и в легенде карты «Ландшафты юга Восточной Сибири», где к коренным относятся группы фаций плоских и выровненных поверхностей горно-таежных геомов [19].

Участок подвержен значительному антропогенному воздействию, поэтому для него характерно наличие большого разнообразия динамических (коренных и переменных) состояний геосистем (см. рис. 1). В районе с меньшим антропогенным воздействием (территория Прибайкальского национального парка) распространены фации, находящиеся в коренном неизменном состоянии с полноразвитыми почвами и естественными развитыми биоценозами, отвечающими внешним природным условиям (географическому фону). На недавних вырубках и гарях распространены геосистемы, находящиеся в стадии активизации, причем на склоновых местоположениях с маломощными почвами и на территориях с избыточным увлажнением сначала возобновляется преимущественно береза или кустарниковые сообщества, а на водоразделах и склонах малой крутизны с относительно мощным суглинистым покровом — осина. На речных террасах и выположенных поверхностях подтаежных и горно-таежных геосистем с легкими суглинками стадия активизации во многих случаях определяется возобновлением сосны.

На рис. 1 видно, что в районах интенсивного антропогенного воздействия формируется сложная пространственно-временная структура различных динамических состояний геосистем, что обусловлено как воздействием различных антропогенных факторов, так и влиянием условий местоположения биогеоценозов. Например, на выположенных приводораздельных поверхностях горно-таежного ландшафта стадия стагнации после пожаров определяется тремя типами биогеоценозов: высокосомкнутым темнохвойным мелколесьем, высокосомкнутым сосновым лесом, а также средневозрастным высокосомкнутым лиственным лесом. На террасах и выположенных водоразделах с легким суглинком стагнация определяется обычно высокосомкнутым сосновым лесом. Отличительной чертой данной стадии является угнетение травяного покрова под пологом древостоя. В тех местоположениях, где стабилизирующая динамика носит сложный характер (со сменой лесообразующих пород), коренной древостой возобновляется во вторую половину стагнации, когда начинается самоизреживание первого поколения лиственного древостоя. Наибольшее распространение на участке исследования получили геосистемы в стадии нормализации. На этой стадии при сложном сукцессионном ряде наблюдается некоторое конкурентное равновесие между лиственными и коренными породами, которое нарушается вследствие естественного выпадения лиственного древостоя. С данного момента начинается новый цикл динамики, при этом активизация знаменуется уже развитием коренного хвойного древостоя, приводящим, при отсутствии антропогенного влияния, к коренному состоянию.



Легенда к карте «Геосистемы Южного Прибайкалья» м-ба 1:50 000

**Группа Южно-Сибирских горно-таежных геомов
Геом подгорных подтаежных территорий сосновых лесов
Класс субгидролитоморфных фаций водоразделов**

Коренная группа фаций выположенных поверхностей сосновых разнотравных лесов с кустарником на дерново-подзолистых почвах

1. Сосновый злаково-разнотравный лес с подлеском (рододендрон, спирея, шиповник).

Антропогенно нарушенные

2. Сосновый мертвopoкpoвный лес (г, е, з).

3. Сосновый злаково-высокотравно-папоротниковый лес с березой и осиной, с подлеском (спирея, шиповник) (в, д, з).

Антропогенно измененные

4. Березово-осиновый злаково-разнотравный лес с примесью сосны и кустарника (спирея, шиповник) (в, д, з).

Класс сублитоморфных склоновых фаций

Мнимокоренная группа фаций пологих склонов травяных сосновых лесов с подлеском на дерново-подзолистых почвах

5. Сосновый злаково-высокотравный лес с кустарником (спирея, шиповник, рододендрон).

Антропогенно нарушенные

6. Сосновый с березой высокотравно-папоротниковый лес с кустарником (спирея, шиповник) (е, з).

Антропогенно измененные

7. Сосново-березовый злаково-разнотравный лес с кустарником (шиповник) (д, з).

Серийная группа фаций крутых склонов преимущественно северных экспозиций сосновых с лиственницей злаково-разнотравных лесов с кустарником на дерново-лесных и дерново-подзолистых почвах

8. Сосновый с лиственницей злаково-разнотравный лес с кустарником (спирея, шиповник, ива, свида).

Антропогенно нарушенные

9. Сосновый с березой и лиственницей злаково-разнотравный лес с кустарником (шиповник, ива) (е, з).

Антропогенно измененные

10. Березовый с примесью сосны разнотравный лес (д, з).

Класс ксеролитоморфных склоновых фаций

Серийная группа фаций крутых склонов преимущественно южных экспозиций сосновых злаково-разнотравных лесов на дерново-подзолистых почвах

11. Сосновый редкостойный разнотравный лес с кустарником (рододендрон, спирея).

Антропогенно измененные

12. Березовый с сосной редкостойный злаково-разнотравный лес (ж, з).

Горно-таежный геом сосновых лесов

Класс субгидролитоморфных фаций выположенных водоразделов и приводораздельных территорий

Коренная группа фаций выположенных участков сосновых лесов с кустарниковым подлеском на дерново-карбонатных оподзоленных и дерново-подзолистых почвах

13. Сосновый травяно-брусничный лес с подлеском (рододендрон, душекия) на плоских водораздельных поверхностях.

14. Лиственнично-сосновый зеленомошно-бруснично-травяной лес с елью на плоско-вогнутых приводораздельных поверхностях.

15. Сосновый багульниково-разнотравный лес с лиственницей и кедром на плоских водораздельных поверхностях.

Антропогенно нарушенные

16. Лиственнично-сосновый с примесью осины злаково-разнотравный лес (г, е).

Антропогенно измененные

17. Березовый разнотравный лес с сосной, осиной и ивой на плоских водораздельных поверхностях и пологих склонах (в, д, з).

18. Осиновый злаково-разнотравно-папоротниковый лес с сосной на плоских водораздельных поверхностях (в, д, з).

19. Березово-осиновый зеленомошно-разнотравный лес с сосной и лиственницей на плоско-вогнутых приводораздельных поверхностях (в, д, з).

Класс сублитоморфных склоновых фаций

Мнимокоренная группа фаций пологих склонов лиственнично-сосновых травяно-кустарничковых лесов на дерново-лесных и дерново-подзолистых почвах

20. Сосновый с лиственницей бруснично-разнотравный лес с кустарником (душекия, рододендрон).

21. Сосново-лиственничный с кедром зеленомошно-травяно-брусничный лес.

Антропогенно измененные

22. Сосново-осиново-березовый редкостойный разнотравно-вейниковый лес с кустарником (ива, спирея, шиповник) (в, ж, з).

23. Березовый с сосной и лиственницей травяной лес (в, д, з).

Серийная группа фаций крутых склонов преимущественно северных экспозиций лиственнично-сосновых лесов с кустарником на дерново-лесных каменистых почвах

24. Лиственнично-сосновый с кедром зеленомошно-травяной кустарниковый (шиповник, спирея, ива, свида) лес.

Антропогенно нарушенные

25. Лиственнично-сосновый с березой разнотравный кустарниковый (шиповник, спирея, ива) лес (е, з).

Антропогенно измененные

26. Березовый с примесью лиственницы и сосны разнотравный лес (д, з).

Класс ксеролитоморфных склоновых фаций

Серийная группа фаций крутых и обрывистых склонов преимущественно южной экспозиции сосновых редкостойных лесов на дерново-лесных каменистых почвах

27. Сосновый редкостойный разнотравно-злаковый лес с редким подлеском (рододендрон).

28. Лиственнично-сосновый редкостойный злаково-разнотравный лес с подлеском (рододендрон, спирея).

Антропогенно нарушенные

29. Сосново-лиственничный и лиственнично-сосновый с березой редкостойный разнотравно-злаковый остепненный лес на фрагментарных горно-каменистых маломощных почвах (д, е).

Антропогенно измененные

30. Березовый с сосной редкостойный разнотравный лес (д, ж, з).

Класс субгидроморфных долинных фаций

Серийная группа фаций пойм и террас осоково-разнотравных заболоченных лесов на лугово-болотных и болотных перегнойно- и торфянисто-глеевых почвах

31. Елово-сосновый с кедром кустарниковый (ива, черемуха, смородина) осоково-разнотравно-крупнотравный лес на низких террасах и припойменных склонах.

32. Еловый разнотравно-осоково-моховой кустарниковый (ива, багульник болотный) лес пойменно-долинных заболоченных территорий.

Антропогенно нарушенные

33. Елово-сосновый с березой кустарниковый (ива, черемуха) осоково-разнотравный лес на низких террасах и припойменных склонах (е).

34. Елово-березовый кустарниковый (ива) разнотравно-осоковый лес пойменно-долинных заболоченных территорий (д).

Антропогенно измененные

35. Березовый кустарниковый (ива) осоковый лес с участием сосны пойменно-долинных заболоченных территорий (д, з).

Подгорно-долинный геом лугово-болотных территорий

Класс субгидроморфных фаций лугов

Коренная группа фаций предгорных территорий травяных лугов на дерново-луговых суглинистых почвах

36. Разнотравно-злаковый луг на выположенных предгорных участках.

37. Разнотравный луг на пологих придолинных склонах.

Класс гидроморфных фаций болот

Серийная группа фаций подгорно-долинных территорий кустарничково-осоково-моховых болот на лугово-болотных и болотных перегнойно- и торфянисто-глеевых почвах

38. Багульниково-осоково-моховое болото с примесью ели, кедра и лиственницы.

Антропогенно измененные

39. Осоково-разнотравное болото с березой и кустарником (ива) (д, з).

Горно-таежный геом темнохвойных лесов условий ограниченного развития

Класс субгидролитоморфных фаций водоразделов и приводораздельных территорий

Коренная группа фаций водоразделов и пологих привершинных склонов пихтово-кедровых с сосной и лиственницей кустарничково-травяно-зеленомошных лесов на дерново-лесных и дерново-подзолистых почвах

40. Кедровый травяно-зеленомошный лес с елью, сосной и лиственницей, с подлеском (душекия, рябина, можжевельник) на водоразделах и пологих склонах.

41. Пихтовый травяно-зеленомошный лес с примесью ели и кедра на водоразделах и пологих склонах.

42. Пихтово-елово-кедровый с лиственницей мелкотравно-кустарничково-зеленомошный с голубикой лес на пологих придолинных склонах.

43. Елово-пихтовый кустарничково-мелкотравно-зеленомошный лес с можжевельником на пологих придолинных склонах.

Антропогенно нарушенные

44. Кедровый травяно-зеленомошный лес с примесью сосны и лиственницы с вкраплениями кедрово-еловых с пихтой стагнирующих пятен на водоразделах и пологих склонах (г, е).

45. Лиственнично-сосновый с кедром кустарниковый (багульник) разнотравный лес на водоразделах и пологих склонах (г, е).

46. Кедрово-лиственничный разнотравно-кустарничково-зеленомошный лес на пологих придолинных склонах (г, е).

Антропогенно измененные

47. Сосново-лиственнично-березовый кустарниковый (ольха, рябина) разнотравный лес с кедром на водоразделах и пологих склонах (в, д).

48. Осиновый кустарниковый (ива, рябина, душекия) разнотравно-вейниковый лес с примесью сосны, кедра и березы на водоразделах и пологих склонах (в, д).

Класс сублитоморфных склоновых фаций

Мнимокоренная группа фаций пологих склонов пихтово-кедровых лесов на дерново-лесных и дерново-подзолистых почвах

49. Кедровый с лиственницей и сосной кустарничковый (черника, брусника) разнотравно-зеленомошный лес.

50. Пихтово-кедровый мелкотравно-кустарничково-зеленомошный с багульником лес.

51. Елово-пихтовый с кедром с можжевельником мелкотравно-зеленомошный лес.

Антропогенно нарушенные

52. Кедрово-лиственнично-сосновый кустарниковый (ива, душекия) зеленомошно-разнотравно-крупнотравный лес (е).

53. Кедровый с осинкой и березой кустарничково-разнотравно-зеленомошный лес (г, е).

Антропогенно измененные

54. Лиственнично-сосново-березовый с кедром кустарниковый (ива) разнотравно-вейниковый лес (в, д).

Серийная группа фаций крутых склонов преимущественно северных экспозиций темнохвойных с лиственницей мелкотравно-кустарничково-зеленомошных лесов с редким подлеском на дерново-лесных каменистых и дерново-подзолистых маломощных почвах

55. Кедровый с лиственницей мелкотравно-кустарничково-зеленомошный бадановый с багульником лес.

56. Пихтовый с кедром кустарничково-мелкотравно-зеленомошный лес с баданом.

Антропогенно нарушенные

57. Березово-кедровый с лиственницей разнотравно-зеленомошный кустарниковый (спирея) лес (е).

58. Пихтово-березовый разнотравно-зеленомошный лес (д).

Антропогенно измененные

59. Березовый с лиственницей зеленомошно-разнотравный лес (д).

60. Березовый кустарниковый (ива, спирея, шиповник) с лиственницей зеленомошно-разнотравный лес (д).

Класс ксеролитоморфных склоновых фаций

Серийная группа фаций крутых склонов преимущественно южных экспозиций темнохвойных с сосной кустарничково-разнотравных лесов на дерново-лесных каменистых и дерново-подзолистых маломощных почвах

61. Кедровый с сосной кустарниковый (рододендрон) бруснично-разнотравный лес.

62. Пихтово-кедровый с сосной разнотравно-брусничный лес.

Антропогенно нарушенные

63. Сосновый с кедром, пихтой и березой кустарниковый (рододендрон, спирея) бруснично-разнотравный лес (е).

Антропогенно измененные

64. Сосново-березовый с кустарником (шиповник) разнотравный редкостойный лес (д).

Класс субгидроморфных долинных фаций

Мнимокоренная группа фаций дренируемых долин рек, ручьев и днищ падей лиственнично-кедрово-еловых травяно-зеленомошных лесов на дерново-подзолистых глееватых почвах

65. Кедрово-еловый с примесью березы кустарниковый (смородина, ива, душекия) зеленомошно-крупнотравно-разнотравный лес.

Антропогенно нарушенные

66. Кедрово-елово-березовый кустарниковый (смородина, ива, душекия) злаково-разнотравный лес (д).

Серийная группа фаций широких заболоченных долин с разреженным древостоем на аллювиальных лугово-болотных перегнойно- и торфянисто-глеевых почвах

67. Закустаренное (ива) кустарничково (багульник, голубика)-осоково-сфагновое болото с разреженным редукцированным древостоем (лиственница, береза, ель).

Антропогенно измененные

68. Закустаренное (ива) осоково-сфагновое болото с разреженным березовым древостоем (д).

Группа Байкало-Джугджурских горно-таежных геомов

Горно-таежный геом лиственничных лесов условий оптимального развития

Класс субгидролитоморфных фаций водоразделов и приводораздельных территорий

Коренная группа фаций плоских поверхностей лиственничных с примесью сосны зеленомошно-травяных лесов на дерново-карбонатных и дерново-лесных почвах

69. Лиственничный бруснично-травяной лес на вершинах водоразделов.

70. Лиственничный с сосной зеленомошно-травяно-брусничный лес на приводораздельных участках.

Антропогенно нарушенные

71. Осиново-сосново-лиственничный с березой с подлеском (шиповник, спирея) бруснично-разнотравный лес (г, д).

Антропогенно измененные

72. Лиственнично-осиновый с березой разнотравный лес (в, д).

Класс сублитоморфных склоновых фаций

Мнимокоренная группа фаций пологих склонов сосново-лиственничных травяных лесов на дерново-лесных и дерново-карбонатных почвах

73. Сосново-лиственничный бруснично-травяной лес с подлеском (рододендрон).

Антропогенно нарушенные

74. Березово-сосново-лиственничный разнотравный лес (е).

Серийная группа фаций крутых склонов преимущественно северных экспозиций лиственничных травяно-кустарничковых лесов на дерново-лесных и дерново-карбонатных почвах

75. Лиственничный травяно-брусничный с лишайником лес.

Антропогенно нарушенные

76. Березово-лиственничный с подлеском (шиповник) зеленомошно-разнотравный лес (д).

Класс ксеролитоморфных склоновых фаций

Серийная группа фаций крутых склонов преимущественно южных экспозиций лиственнично-сосновых кустарничково-разнотравных лесов на дерново-лесных почвах

77. Лиственнично-сосновый с подлеском из рододендрона бруснично-разнотравный лес.

Антропогенно измененные

78. Лиственнично-сосново-березовый редкостойный разнотравный лес (д).

На территории исследования широко распространены устойчиво длительнопроизводные (антропогенно измененные) биогеоценозы, которые в результате постоянного и комплексного антропогенного воздействия не успевают пройти процесс стабилизирующей динамики. К таким биогеоценозам относятся косимые луга в поймах и на террасах рек, ослабленные техногенными выбросами и угнетаемые постоянными пожарами изреженные сосново-березовые леса на склонах разной экспозиции и др.

Особо нужно отметить наличие на приводораздельных местоположениях геосистем горно-таежно-го геоба темнохвойных лесов в стадии нормализации с вкраплениями стагнирующих пятен (участков темнохвойного мелколесья) диаметром от 20 до 50 м, происхождение которых остается неясным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье представлены результаты геоинформационного картографирования ландшафтной структуры территории в ее динамическом понимании, отражающей разные стороны пространственно-временной изменчивости геосистем. Сочетание на геосистемной основе методов полевых маршрутных исследований ландшафтов с методами камеральной обработки пространственной информации позволило сделать обзор основных особенностей ландшафтной структуры участка территории Южного Прибайкалья, сформировать ГИС района исследования, осуществить выбор ключевых точек и создать ландшафтно-типологическую карту уровня переменных состояний фаций данной территории. Карта и база данных ГИС использовались для дальнейшего геоинформационного анализа участка с созданием серии инвентаризационных карт показателей, отражающих пространственную дискретную и непрерывную изменчивость геосистем.

Геоинформационный анализ биогеоценозов территории Южного Прибайкалья выявил значительную степень пространственно-временной дискретной и непрерывной изменчивости топогеосистем, выраженной в существовании сложной территориальной структуры переменных состояний фаций, обусловленной комплексным воздействием разных антропогенных и естественных факторов.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и правительства Иркутской области (14-45-04097 «р_сибирь_а»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Виноградов Б. В., Черкашин А. К., Горнов А. Ю., Кулик К. Н.** Динамический мониторинг деградации и восстановления пастбищ Черных Земель // Проблемы освоения пустынь. — 1990. — № 1. — С. 10–19.
2. **Хромых В. В., Хромых О. В.** Использование ГИС-технологий для изучения динамики долинных ландшафтов (на примере долины Нижней Томи) // Вестн. Том. ун-та. — 2007. — № 300–1. — С. 230–233.
3. **Tang J., Wang L., Zhang S.** Investigating landscape pattern and its dynamics in Daqing, China // Intern. Journ. Remote Sensing. — 2005. — Vol. 26, N 11. — P. 2259–2280.
4. **Сочава В. Б.** Введение в учение о геосистемах. — Новосибирск: Наука, 1978. — 318 с.
5. **Крауклис А. А.** Проблемы экспериментального ландшафтоведения. — Новосибирск: Наука, 1979. — 233 с.
6. **Рюмин В. В.** Динамика и эволюция южно-сибирских геосистем. — Новосибирск: Наука, 1988. — 137 с.
7. **Черкашин А. К., Коновалова Т. И., Бессолицына Е. П. и др.** Ландшафтно-интерпретационное картографирование. — Новосибирск: Наука, 2005. — 424 с.
8. **Коновалова Т. И.** Изменчивость геосистем // География и природ. ресурсы. — 2004. — № 2. — С. 5–11.
9. **Фролов А. А.** Геоинформационный анализ и прогнозирование изменчивости ландшафтов Прибайкалья: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — Иркутск: Изд. Ин-та географии СО РАН, 2011. — 24 с.
10. **Фролов А. А., Черкашин А. К.** Эволюционное геоинформационное моделирование и картографирование // Геодезия и картография. — 2009. — № 6. — С. 40–45.
11. **Фролов А. А.** Принципы прогнозирования геомной структуры Прибайкалья при изменении климата // География и природ. ресурсы. — 2011. — № 3. — С. 133–141.
12. **Крауклис А. А.** Факторально-динамические ряды таежных геосистем и принципы их построения // Докл. Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока. — 1969. — Вып. 22. — С. 15–25.
13. **Крауклис А. А.** Натурная модель // Природные режимы и топогеосистемы Приангарской тайги. — Новосибирск: Наука, 1975. — С. 28–49.
14. **Плюснин В. М., Сороковой А. А.** Геоинформационный анализ ландшафтной структуры Байкальской природной территории. — Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2013. — 188 с.
15. **Беркин Н. С., Филиппова С. А., Бояркин В. М.** Иркутская область (природные условия административных районов). — Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1993. — 267 с.
16. **Кузьмин В. А.** Почвы Прибайкалья и Северного Забайкалья. — Новосибирск: Наука, 1988. — 174 с.
17. **Растительность юга Восточной Сибири:** Карта м-ба 1:1 500 000 / Ред. А. В. Белов. — М.: ГУГК, 1972. — 4 л.
18. **Рященко С. В., Выркин В. Б., Атутова Ж. В. и др.** Геоэкологическое и рекреационное обоснование создания природного парка «Витязь». — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2006. — 51 с.
19. **Михеев В. С., Ряшин В. А.** Ландшафты юга Восточной Сибири: Карта м-ба 1:1 500 000. — М.: ГУГК, 1977. — 4 л.
20. **Коновалова Т. И., Михеев В. С.** Карта «Ландшафты Верхнего Приангарья» (м-б 1:500 000) // Атлас. Иркутская область: экологические условия развития. — М.; Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2004. — 90 с.
21. **Экологически ориентированное планирование землепользования в Байкальском регионе.** Слюдянский район / Е. Г. Суворов, А. Н. Антипов, Ю. М. Семёнов и др. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2002. — 141 с.
22. **Истомина Е. А., Солодянкина С. В., Черкашин А. К.** Топология пространства ординации растительного покрова в координатах яркостных характеристик многозональных снимков // Дистанционное зондирование поверхности Земли и атмосферы. — Иркутск: Изд. отдел Ин-та солнечно-земной физики СО РАН, 2003. — С. 19–21.
23. **Тутубалина О. В.** Компьютерный практикум по курсу «Космические методы исследования почв»: Учеб. пособие. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2009. — 112 с.

Поступила в редакцию 29 августа 2014 г.