**ГЕОСИСТЕМЫ БАЙКАЛЬСКОГО РЕГИОНА:
СТРУКТУРА, ДИНАМИКА И УСТОЙЧИВОСТЬ*****Владимиров И.Н.****Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия
garisson@irigs.irk.ru***GEOSYSTEMS OF THE BAIKAL REGION: STRUCTURE, DYNAMICS AND SUSTAINABILITY*****Vladimirov I.N.****V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia*

Рассматривается новый подход к исследованию и картографированию геосистем на основе синтеза данных дистанционного зондирования, цифровой модели рельефа, карт различного тематического содержания, набора глобальных климатических данных, материалов экспедиционных исследований. Структура геосистем Байкальского региона характеризуется большой сложностью как по набору природных комплексов, так и по степени их контрастности. Это уникальный ландшафтно-ситуационный пример сибирской природы в пределах Северной Азии. Геосистемные картографические исследования входят в единую систему географического прогнозирования и позволяют создать новую фундаментальную научную базу для разработки рекомендаций по оптимизации природопользования в Байкальском регионе в рамках реализации государственной экологической политики.

Ключевые слова: Байкальский регион, геосистемы, ландшафтная карта, устойчивость, ГИС, данные дистанционного зондирования, данные SRTM, GRID-моделирование

The paper considers a new approach to the study and mapping of geosystems based on the synthesis of remote sensing data, a digital elevation model, maps of various thematic content, a set of global climatic data and materials of expeditionary research. The structure of the geosystems of the Baikal region is exemplified by great complexity both in the set of natural complexes and in the degree of their contrast. This is a unique landscape-situational example of Siberian nature within North Asia. Cartographic studies of geosystems are included in a unified system of geographic forecasting and make it possible to create a new fundamental scientific base for developing recommendations for optimizing nature management in the Baikal region as part of the implementation of state environmental policy.

Keywords: Baikal region, geosystems, landscape map, sustainability, GIS, remote sensing data, SRTM data, GRID modeling

Байкальский регион – уникальная в природно-ландшафтном отношении территория, вмещающая Предбайкалье и Забайкалье [7], сформировалась на стыке трех физико-географических областей – Среднесибирской, Южносибирской и Байкало-Джугджурской. Регион характеризуется высоким биологическим разнообразием, здесь зарегистрировано 2858 видов и подвидов сосудистых растений, относящихся к 723 родам и 140 семействам, что составляет 62,3 % флоры всей Сибири [12]. Современная фауна позвоночных представляет сложное генетически разнородное образование. Видовой спектр включает более 500 видов. Большое видовое разнообразие флоры и фауны Байкальской Сибири обусловлено рядом причин, важнейшие из которых – особенности физико-географических и климатических условий региона, история формирования и своеобразие современной ландшафтной обстановки

Регион обладает громадными запасами различных природных ресурсов, промышленное освоение которых непрерывно растет, формируя сложные экологические проблемы. Низкий потенциал устойчивости геосистем этого региона к антропогенным нарушениям, замедленные процессы самовосстановления, определяющиеся суровостью природных условий, создают большое количество экологических ограничений в области природопользования, связанные с качеством окружающей среды и экологической безопасностью населения, с сохранением биологического разнообразия территорий, а также с формированием основ их устойчивого эколого-экономического развития [14; 20].

Необходимость экологической оптимизации природопользования в Байкальском регионе определяется еще и тем, что основная часть этого региона относится к Байкальской природной территории, на которой экологическая регламентация природопользования определяется Федеральным законом «Об охране озера Байкал» [11], что должно обеспечивать функционирование уникальной природной системы озера Байкал, являющейся Участком Всемирного природного наследия, утвержденным ЮНЕСКО в 1996 г.

Современная структура геосистем Байкальской Сибири характеризуется большой сложностью, как по набору природных комплексов, так и по степени их контрастности. Региональный классификационный диапазон включает геосистемы, свойственные разным субконтинентам Азии, отражает их взаимопроникновение и является уникальным ландшафтно-ситуационным примером сибирской природы в пределах Северной Азии. Отчетливо выступает ландшафтообразующее влияние рельефа, сказывающееся в высотно-поясных различиях, проявлении подгорных местоположений и вертикальной внутризональной дифференции возвышенных плато-равнин. Котловинные и подгорные эффекты при значительном колебании высот приводят к разнообразию и контрастности природных условий [3].

На основе данных дистанционного зондирования высокого и среднего пространственного разрешения, GRID модели с регулярным шагом 90 угловых секунд (абсолютная высота, крутизна и экспозиция склонов, среднегодовые осадки, средняя температура января и июля, значения вегетационных индексов NDVI и EVI, первичная биологическая продуктивность (NPP)), создана ландшафтная карта Байкальского региона, отображающая структурно-динамическое разнообразие геосистем региона в системах географо-генетических пространственных структур.

Геосистемы Байкальского региона представлены на карте 194 группами фаций (рис. 1), относящиеся к различным иерархическим подразделениям, структурно-функциональные особенности которых отражают характер взаимодействия их подсистем. Классификация геосистем осуществлена на основе разработанной в Институте географии им. В.Б. Сочавы СО РАН таксономической системы иерархических подразделений природной среды [9]: класс (система ландшафтов) – группа геомов – геом – класс фаций – подкласс фаций – группа фаций. Картографический анализ позволил определить наиболее информативные подразделения геосистем региональной размерности, что дало возможность провести классификационное разделение ландшафтной структуры территории Байкальского региона.

Рис. 1. Геосистемы Байкальской Сибири

Разнообразная ландшафтная структура Байкальского региона придает ему ярко выраженную природную специфику и контрастность, что определяет необходимость тщательного учета особенностей природных условий при решении вопросов оптимизации природопользования.

В известной мере изменение состава растительности управляет геосистемой, оказывая влияние на почвообразовательный процесс, круговорот воды, микроклимат и другие компоненты природы. Растительность является движущей силой динамики геосистемы [9; 17]. Растительность как один из самых важных (критических) компонентов геосистем функционально контролирует развитие и интенсивность многих процессов. Нарушенность растительности геосистем Байкальского региона определяется использованием ее как промышленного и сельскохозяйственного ресурса.

Исследования антропогенной нарушенности геосистем Байкальской Сибири проведены с использованием данных Landsat Forest-Cover Change, карты глобальных изменений лесного покрова в XXI в. [18], глобальной карты типов растительного покрова ESA GlobCover 2009 [16]. На основе полученной информации об очагах нарушений лесной растительности за период 1975-2015 гг. исследованы динамические изменения геосистем, обусловленные вмешательством человека (лесные пожары, вырубki, распашка и др.), и восстановительная динамика в лесном покрове за последние 40-60 лет (рис. 2).

Картографическая оценка антропогенной нарушенности растительности геосистем является наиболее эффективным методом решения многих вопросов охраны природной среды и рационализации использования биотических ресурсов [2]. В результате анализа и оценки состояния растительных сообществ на карте выделено четыре категории нарушенности растительности геосистем – условно коренная, слабо-, средне-, сильнонарушенная (рис. 3).

Рис. 2. Восстановительная динамика лесной растительности геосистем: 1 – восстановление лесного покрова за 1990–2000 гг., 2 – восстановление за 2000–2005 гг., 3 – лесопокрываемые территории, 4 – не покрытые лесом территории, 5 – водные объекты.

Рис. 3. Нарушенность растительности геосистем Байкальской Сибири: 1 – условно коренная, 2 – слабонарушенная, 3 – средненарушенная, 4 – сильнонарушенная, 5 – участки без растительности или со скудной растительностью (гольцы, свежие гари, и т.д.)

Сущность механизма устойчивости в том, что геосистемы способны приспосабливаться как к меняющимся условиям внешней среды, так и к антропогенным нагрузкам, но в определенной зоне толерантности [1; 4; 6; 8; 10; 13; 15; 19]. Устойчивость определяется шириной диапазона между максимальным и минимальным значением факторов, в пределах которого геосистема способна сохранять характерные для нее структурные и функциональные особенности.

Уровни устойчивости геосистем или экосистем к внешним воздействиям определяются через уровни критических возмущений [1; 10], которые имеют различные определения, но их общий смысл выражается или в сохранности исходных структур и функций, или в их способности восстанавливаться при устранении внешнего возмущающего (деструктивного) воздействия на природную систему. Сам механизм устойчивости определен структурой и функционированием геосистемы, и обусловлен устойчивостью отдельных компонентов и их взаимными связями [5].

Для определения устойчивости геосистем Байкальского региона рассчитаны средние величины, показатель вариации различных характеристик геосистем ранга геомов (абсолютная высота, экспозиция склонов, средние температуры июля и января, сумма осадков, первичная биологическая продук-

тивность), в определенных рамках терпимости (толерантности) установлены диапазоны значений (оптимальный, субоптимальный, пессимальный), в пределах которых геосистема способна сохранять характерные для нее структурные и функциональные особенности.

На основе полученных данных и соотнесения характеристик геосистем к определенному диапазону значений толерантности составлена карта устойчивости геосистем Байкальского региона (рис. 4).

Рис. 4. Устойчивость геосистем Байкальской Сибири

Условные обозначения: 1 – высокая; 2 – средняя; 3 – низкая; 4 – очень низкая

Устойчивость геосистем определяется шириной диапазона между максимальным и минимальным значением факторов, в пределах которого геосистема способна сохранять характерные для нее структурные и функциональные особенности.

Следовательно, устойчивость геосистем – способность геосистем при внешнем воздействии сохранять свое состояние неизменным в течение определенного интервала времени, восстанавливать свое исходное состояние после возмущения и способность переходить из одного состояния в другое, сохраняя за счет этого инвариантные черты структуры, что является фактором и условием формирования экологического потенциала геосистем как совокупности природных ресурсов и условий, а также ассимиляционных возможностей геосистемы, обеспечивающих потребности населения во всех необходимых первичных средствах существования, при сохранении структурно-функциональных параметров геосистемы.

Таким образом, Байкальский регион – географическое пространство, сложное по происхождению, истории развития и современному ландшафтному образу. Он включает в себя Среднесибирское плоскогорье, горы Южной Сибири, горные хребты и межгорные котловины Прибайкалья, Станового нагорья и Забайкалья. Здесь располагается уникальное природное образование – оз. Байкал. Сложная ландшафтная структура Байкальского региона обусловлена региональными особенностями рельефа и климата. Ее история, как и всей Северной Азии, определялась воздействием различных глобальных и региональных факторов и, прежде всего, связана с изменением климата и развитием тектонических процессов рельефообразования.

Байкальский регион, представляющий собой результат особого сочетания природно-географических, исторических и социально-экономических факторов, имеет национальное и международное значение, может и должен стать мировой модельной территорией для отработки механизмов устойчивого развития.

Список литературы

1. Арманд А. Д. Устойчивость (гомеостатичность) географических систем к различным типам внешних воздействий // Устойчивость геосистем. М. : Наука, 1983. С. 14-32.
2. Владимиров И. Н. Антропогенная нарушенность и динамика геосистем Байкальской Сибири // Природа Внутренней Азии (Nature of Inner Asia). 2018. № 1 (6). С. 19-31.
3. Владимиров И. Н. Новые методические подходы к картографированию геосистем (на примере геосистем Байкальской Сибири) // Геодезия и картография. 2018а. Т. 79. № 7. С. 23-34.
4. Гродзинский М. Д. Устойчивость геосистем: теоретический подход к анализу и методы количественной оценки // Известия АН СССР. Серия географическая. 1987. № 6. С. 5-15.
5. Дьяконов К. Н., Иванов А. Н. Устойчивость и инерционность геосистемы // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 1991. № 1. С. 28-34.
6. Коломыц Э. Г., Шарая Л. С. Методы исчисления и картографирования устойчивости лесных экосистем // Известия РАН. Серия географическая. 2013. № 6. С. 126-136.
7. Предбайкалье и Забайкалье / под общ. ред. И. П. Герасимова. М. : Наука, 1965. 492 с.
8. Пузаченко Ю. Г. Инвариантность геосистем и их компонентов // Устойчивость геосистем. М. : Наука, 1983. С. 32-41.
9. Сочава В. Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск : Наука, Сибирское отделение, 1978. 319 с.
10. Тишков А. А. Биотические механизмы устойчивости геосистем // Механизмы устойчивости геосистем. М. : Наука, 1992. С. 111-120.
11. Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» от 04 мая 1999 г. № 96-ФЗ // Собрание законодательства РФ. 1999. № 18. Ст. 2222.
12. Флора Байкальской Сибири. Информационная система. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.flora.baikal.ru/> (дата обращения: 21.05.2021).
13. Хорошев А. В. Полимасштабная организация географического ландшафта. М. : Товарищество научных изданий КМК, 2016. 416 с.
14. Экологический атлас бассейна озера Байкал. Иркутск : Изд-во Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, 2015. 145 с.
15. Ahern, J. Urban landscape sustainability and resilience: the promise and challenges of integrating ecology with urban planning and design // Landscape Ecology. 2013, Vol. 28, Issue 6. pp. 1203-1212
16. Bontemps S., Defourny P., Van Bogaert E., Arino O., Kalogirou V., Ramos P., Jose J. GLOBCOVER 2009 Products description and validation report. - Université catholique de Louvain (UCL) & European Space Agency (ESA), Vers. 2.2. 2011. 53 p., hdl:10013/epic.39884.d016 [Электронный ресурс]. URL: http://due.esrin.esa.int/files/GLOBCOVER2009_Validation_Report_2.2.pdf (дата обращения: 21.05.2021).
17. Bürgi M., Hersperger A.M., Schneeberger N. Driving forces of landscape change - current and new directions // Landscape Ecology. 2005, Vol. 19, Issue 8. pp. 857-868.
18. Hansen M. C., Potapov P. V., Moore R., Hancher M., Turubanova S.A., Tyukavina A., Thau D., Stehman S. V., Goetz S. J., Loveland T. R., Kommareddy A., Egorov A., Chini L., Justice C.O., and Townshend J. R. G. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change // Science. 2013. 342 (15 November), pp. 850-853.
19. Peterson G., Allen C. R. and Holling C. S. Ecological Resilience, Biodiversity, and Scale // Ecosystems. 1998, Vol. 1, pp. 6-18.
20. Vladimirov I. N. The ecological potential of Baikal region's geosystems // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2018, Vol. 190, 012017.