

УДК 911.52:528.94

ISSN 1812-5220

© Проблемы анализа риска, 2016

Анализ и картографирование чувствительности и экологической устойчивости геосистем для информационного обеспечения географического прогноза (на примере бассейна оз. Байкал)¹

Т. И. Кузнецова,
Институт географии
им. В. Б. Сочавы СО РАН,
г. Иркутск

Аннотация

Работа выполнена в лаборатории картографии, геоинформатики и дистанционных методов Института географии им. В. Б. Сочавы (г. Иркутск) в рамках электронного Экологического атласа развития бассейна озера Байкал. Решается фундаментальная научная проблема, касающаяся создания обзорных электронных карт состояния природной среды территорий двух суверенных государств — России и Монголии — для информационного обеспечения разработки стратегии развития крупного региона и прогнозирования экологических последствий на основе представлений о функционировании и динамике геосистем сибирской школы географов.

Разработана специализированная классификация геосистем, в которой наряду с морфотипическими отражены их функциональные и динамические характеристики, позволяющие оценить чувствительность и экологическую устойчивость и обеспечить переход от инвентаризационного этапа исследования к прогнозу будущего состояния геосистем. Проведен картографический анализ структуры геосистем уровня геомов и создан блок электронных карт: базовая карта «Геосистемы бассейна озера Байкал» и производные от нее карты «Чувствительность» и «Экологическая устойчивость» геосистем бассейна оз. Байкал масштаба 1:5 000 000, которые могут быть использованы для обеспечения информационной поддержки решения экологических проблем крупного региона.

Ключевые слова: бассейн озера Байкал, геосистемы, интенсивность функционирования, динамические категории, чувствительность, экологическая устойчивость, электронное картографирование.

Содержание

Введение

1. Материалы и методы

2. Результаты исследования

Заключение

Литература

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 16-05-00902 и Всероссийской общественной организации «Русское географическое общество» по договору 172014/РГО-РФФИ от 13 июля 2015 г.

Введение

Известно, что электронные региональные атласы разрабатываются для справочно-информационного обеспечения анализа состояния природных, природно-хозяйственных и социальных систем. Исходными материалами для их создания чаще всего служат непосредственно эмпирические данные. Более сложные задачи, касающиеся выработки стратегии развития крупных регионов и географического прогноза его последствий, требуют создания специализированных карт комплексного геосистемного содержания. Помощью таких карт рациональнее осуществлять решение практических задач создания программно-целевых картографических информационных систем (КИС), так как в дальнейшем уже не требуется процедура абстрагирования и выделения наиболее существенного из массы географических данных. В этом плане электронные карты состояния геосистем, чувствительности и экологической устойчивости, характеризующие соотношение параметров их структуры и функционирования, являются базовой основой для географического прогноза возможных изменений природы вследствие ее спонтанного развития или внешнего воздействия [1].

Как показывает картографический анализ, существующие в настоящее время обзорные традиционные и электронные карты геосистем бассейна озера Байкал в рамках территорий двух суверенных государств — России и Монголии — содержат преимущественно их морфотипические характеристики [2, 3], поэтому способны отобразить лишь наиболее представительные комплексы природных условий, которыми характеризуется инвентаризационный диапазон эколого-географических ситуаций крупного региона, и не могут обеспечить возможности оценки их изменений.

В связи с этим целью исследования стала разработка научных основ создания обзорной электронной картографической информационной системы (КИС) «Состояние геосистем бассейна оз. Байкал». Ее назначение — показать разнокачественность природной структуры крупного региона в плане возможностей ее изменения в результате спонтанного развития или внешнего, в том числе антропогенного, воздействия.

Для этих целей решались следующие задачи: 1 — разработать содержание специализированной

КИС; 2 — разработать принципы специализированной классификации геосистем; 3 — разработать содержание базовой карты КИС: «Геосистемы бассейна озера Байкал»; 4 — провести картографический анализ закономерностей пространственной дифференциации геосистем и создать производные карты «Чувствительность» и «Экологическая устойчивость» геосистем бассейна оз. Байкал; 5 — провести анализ дифференциации геосистем по степени их чувствительности и экологической устойчивости к внешнему воздействию.

1. Материалы и методы

В исследовании чувствительности и экологической устойчивости геосистем бассейна оз. Байкал была использована научная концепция об интегральном функционировании и его модификациях, разработанная А. А. Григорьевым и М. И. Будыко [4] и дополненная впоследствии многими исследованиями географических закономерностей структуры и функционирования геосистем [5, 6].

Информационную основу исследования составили: «Корреляционная карта эколого-фитоценологических комплексов Азиатской России» (м-ба 1:7 500 000), разработанная И. И. Брукс с соавторами [7]; система ландшафтов России, разработанная А. Г. Исаченко для «Эколого-географической карты Российской Федерации» (м-ба 1:4 000 000) [8], а также ряд монографий и статей [9—11], в которых приводятся систематизированные данные с представлением зональных типов ландшафтов, их тепло-, влагообеспеченности и биологической продуктивности растительного компонента. Они широко использовались для эколого-фитоценологической индикации состояния геосистем.

Для корректировки многочисленных разномастных материалов использовались специально принятые обобщенные подразделения геосистем, разработанные на основе карт: «Физико-географическое районирование» (м-ба 1:8 000 000) и «Ландшафты юга Восточной Сибири» (м-ба 1:1 500 000) [12], «Природные ландшафты Байкальского региона и их использование» [13], «Ландшафты бассейна оз. Байкал» (м-ба 1:5 000 000) [2], серии карт «Ландшафтная среда бассейна оз. Байкал» (м-ба 1:5 000 000) [3]. Наряду с этим использовались карты ландшафтов, климатического и природного рай-

онирования Национального атласа Монгольской Народной Республики (м-ба 1:3 000 000) [14].

Объектами рассмотрения служат таксоны регионально-типологической классификации геосистем В.Б. Сочавы [6]. Основной классификационной единицей является геом как ячейка между подразделениями природной среды региональной и топологической размерности. Его характеристики наиболее полно учитывают общее состояние физико-географических процессов и биологическую продуктивность геосистем, которые на основе ряда интерпретационных исследований увязываются с чувствительностью и экологической устойчивостью геосистем как степенью их общей реакции на оказываемое воздействие.

Для перевода геосистемных характеристик в структуру качественных экологических оценок чувствительности геосистем использовалась разработанная ранее методика исследования, основу которой составляет многоаспектный многоуровневый геосистемный анализ [15, 16]. Он позволяет изучить организацию природной структуры региона, определить методами эколого-фитоценотической индикации состояние геосистем выбранного таксономического уровня [13, с. 21—23], провести декомпозицию разработанной базовой комплексной карты геосистем, созданной на основе специализированной классификации, включающей типологический, функциональный и динамический ряды их характеристик, в соответствии с основной целью картографирования.

2. Результаты исследования

На первом этапе исследования была разработана специализированная классификация геосистем бассейна оз. Байкал (подписи к рис. 1). Для ее построения изначально были установлены конкретный уровень проработки материала и основной таксономический тип геосистем, относительно которого определялось динамическое качество всех других геосистем. В целом классификация выглядит неизбежно громоздкой, потому что наряду с морфотипическими содержит функциональные и структурно-динамические характеристики геосистем.

Морфотипические характеристики геосистем. Морфотипические характеристики геосистем отражены в названиях геомов и их классификацион-

ных объединений (подгруппы геомов — группы геомов — подклассы геомов — классы геомов — типы природной среды — свиты типов природной среды) (см. подписи к рис. 1). Они позволяют отобразить наиболее представительные комплексы природных условий, которыми описывается возможный инвентаризационный диапазон экологических ситуаций исследуемого региона и которые наиболее отвечают задачам исследования чувствительности геосистем. В классификации содержатся характеристики растительного компонента геосистем, которые имеют индикационное значение при оценке их состояний, и характеристики местоположения геосистем, которые индицируют основные интеграционные ландшафтообразующие процессы.

Интенсивность функционирования и чувствительность геосистем. Эти характеристики наиболее полно характеризуют свойство саморегуляции геосистем «как часть сложного процесса восстановления нарушенной структуры или способность удерживать эту структуру на некоторый промежуток времени в определенных границах» [6, с. 71]. Они могут использоваться в качестве интегрального показателя чувствительности или инерционной устойчивости геосистем. Она имеет наибольшую взаимосвязь с типами геосистем и соотносится с тепло- и влагообеспеченностью их местоположений по принципу оптимальности, а также с биологической продуктивностью наземного растительного компонента по принципу максимума: чем больше, тем лучше. Поэтому менее чувствительными к антропогенному воздействию являются геосистемы оптимальных условий развития с высокой биологической продуктивностью, более чувствительными — редуцированных условий развития с низкой биологической продуктивностью (см. подписи к рис. 1).

На основе характеристик функционирования североазиатские геосистемы были подразделены на подгруппы природных условий — экстремального, редуцированного, ограниченного и оптимального развития, а также псевдотаежные и подтаежные геосистемы. Для геосистем редуцированного развития характерны умеренно холодные умеренно влажные и влажные местоположения, для геосистем ограниченного развития — умеренно теплые

влажные местоположения, а для геосистем оптимального развития — теплые влажные или умеренно влажные местоположения, подтаежные (травяные) геосистемы развиваются в условиях теплых недостаточно влажных местоположений (см. подписи к рис. 1). Степные геосистемы подразделены в зависимости от влагообеспеченности их местоположений на засушливые, сухие и очень сухие. В легенде карты представлены числовые значения тепло- и влагообеспеченности местоположений, значения биологической продуктивности растительности.

Динамические категории и экологическая устойчивость геосистем. Динамические категории геосистем (см. подписи к рис. 1), отраженные в легенде карты, обеспечивают прогнозирование состояния геосистем в будущем, так как они характеризуют степень уравновешенности внешней и внутренней сред геосистем, от которой зависит способность их быстрого восстановления, т. е. экологическая устойчивость. Относительные значения устойчивости определялись на основе геосистемного анализа с использованием в качестве фонового фактора характеристики природных условий тех геохор, в пределах которых они были выделены.

Так, например, все лесные геомы были выделены в рамках физико-географических областей. Территория бассейна оз. Байкал относится к Северной Азии (геохоре) и двум физико-географическим областям — Байкало-Джунджурской горно-таежной и Южно-Сибирской горной. Граница с ультраконтинентальной Центрально-Азиатской пустынно-степной областью нами проведена согласно В.Б. Сочаве южнее района исследования, по карте растительности Национального атласа Монгольской Народной Республики [14, с. 73] «по крайним северным пределам проникновения пустынно-степных типично центральноазиатских (гобийских) ландшафтов» [17, с. 15].

В пределах Южно-Сибирской области выделены также островные лугово-степные геосистемы (криофитно-разнотравные, разнотравно-крупнозлаковые и злаковые), сформировавшиеся в условиях подгорных и долинных местоположений и связанные с особенностями рельефа, континентальностью климата (низкими зимними температурами,

малым количеством твердых осадков и сравнительно небольшим количеством осадков, выпадающих в летние месяцы года). Они распространены преимущественно среди подтаежных светлехвойных массивов на карбонатных, сульфатных и соленосных отложениях и имеют относительно высокую продуктивность и значительное разнообразие составляющих их подсистем.

Исследование центральноазиатских (дауро-монгольских) геосистем проводилось в пределах групп провинций Южно-Сибирской физико-географической области, которые выделялись с учетом схем физико-географического районирования [18, 19, 20]. В состав первой горной Западнобайкальско-Хангайско-Хэнтэйской, или Хангайско-Даурской, группы провинций были включены: Селенгинско-Орхонская (с территорией Монголии) котловинно-среднегорная остепненная, Хилокско-Чикойская горнотаежно-котловинная остепненная и Оннон-Хэнтэйская (с территорией Монголии) котловинно-горнотаежная остепненная провинции.

Во вторую, Монгольскую, группу провинций вошли две провинции — Среднехалхасско-Монгольская и Восточно-Монгольская (с Онон-Аргунской на территории России) — степные возвышенных равнин. Северный склон Хангайского хребта в отличие от других авторов был включен нами в единую Западнобайкальско-Хангайско-Хэнтэйскую группу провинций в силу сходных с этой территорией ландшафтно-климатических закономерностей [14, с. 58].

По мере усиления неравнозначности отклонения внутри- и внешеструктурных характеристик структурно-геомерные модели были подразделены на категории экологической стабильности (устойчивости) геосистем: коренные (К) — наиболее стабильные; мнимокоренные (М) — стабильные; серийные (С) — менее стабильные; переходные (П) — условно стабильные; (УД) — устойчиво длительнопроизводные разной степени антропогенной нарушенности. В коренных (инвариантных) геосистемах воплощен их природный потенциал, определяющий наблюдаемые в природе переменные состояния и те производные структуры, которые можно создать с целью оптимизации природной обстановки или стимуляции воспроизводства ресурсов.

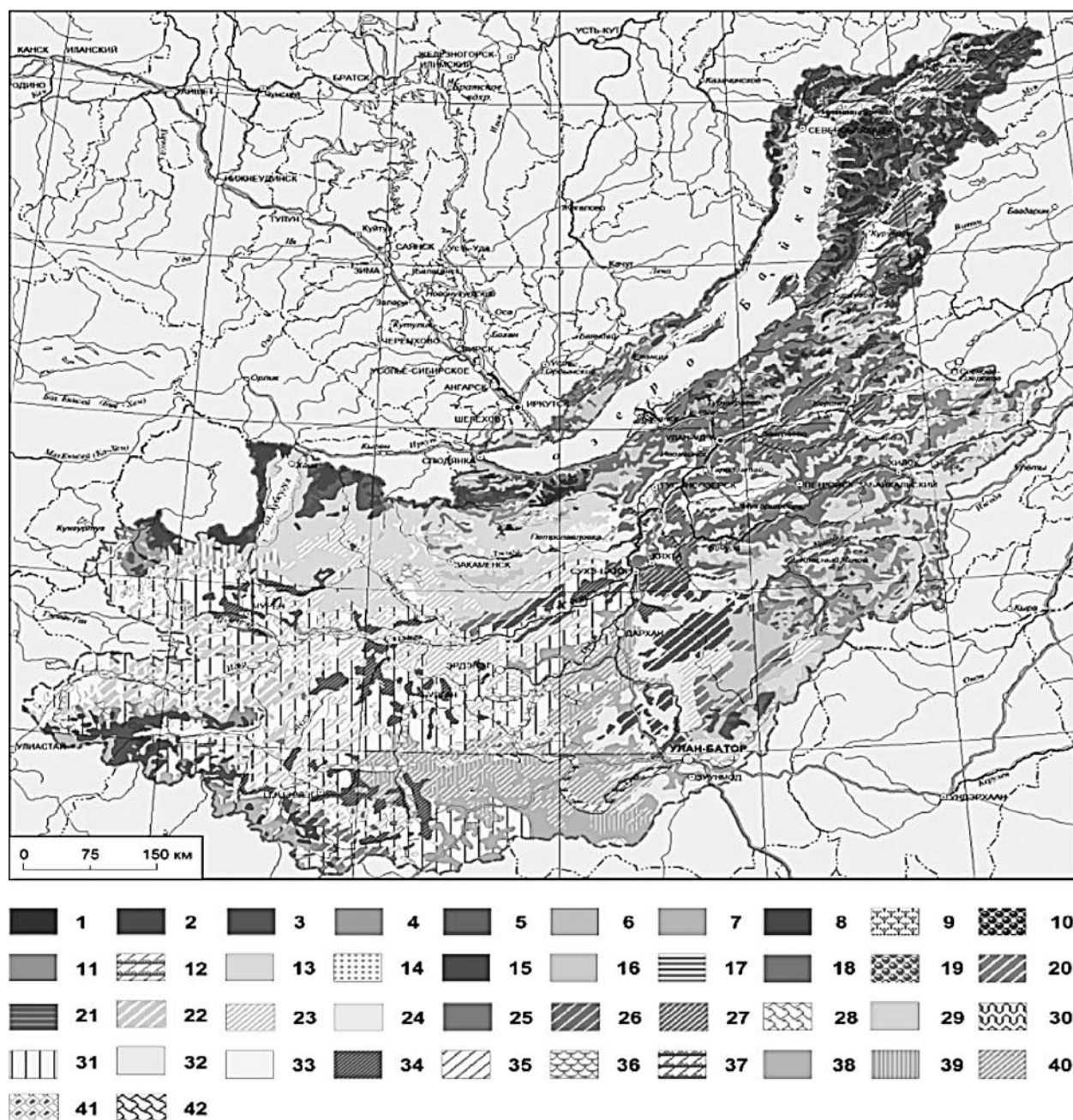


Рис. 1. Базовая карта «Геосистемы бассейна озера Байкал»

Природные структуры, их интегральная интенсивность функционирования и экологическая устойчивость.

А. АРКТО-БОРЕАЛЬНЫЕ СЕВЕРОАЗИАТСКИЕ. А1. Гольцовые и подгольцовые восточносибирские и южносибирские экстремальных условий развития: низко- и среднепродуктивные, очень холодные — холодные, очень влажные — влажные. 1. Гольцовые альпинотипные (П). 2. Гольцовые криопетрофитные курумов и скал (С). 3. Гольцовые плоских поверхностей тундровые (К). 4. Подгольцовые кустарниковые (М, С). 5. Подгольцовые лиственнично-редколесные (М, С). 6. Подгольцовые темнохвойно-редколесные (М, С). А2. Лугово-тундровые южносибирские среднепродуктивные холодных влажных — умеренно влажных контрастных тепловых условий 7. Подгольцовые (субальпинотипные) луговые алтае-саян-

ского типа (М). 8. Высокогорные кобрезиевые (М). 9. Высокогорные остепненно-луговые (мелкозлаково-кобрезиевые), переходные к центральноазиатскому типу (П). А3. *Таежные светлохвойные байкало-джугджурские средне-высокопродуктивные влажные разных тепловых условий*. 10. Горнотаежные лиственничные редуцированного развития (К). 11. Межгорных понижений и долин таежные лиственничные редуцированного развития (М, С). 12. Межгорных понижений и долин таежные темнохвойные редуцированного развития (М, С). 13. Горнотаежные лиственничные ограниченного развития (К). 14. Межгорных понижений и долин таежные лиственничные ограниченного развития (М, С). 15. Горнотаежные лиственничные оптимального развития (М). 16. Подгорные и межгорных понижений таежные лиственничные оптимального развития (М, С). А4. *Таежные темнохвойные южносибирские средне-высокопродуктивные влажные разных тепловых условий*. 17. Горнотаежные темнохвойные редуцированного развития (М). 18. Горнотаежные темнохвойные ограниченного развития (К). 19. Подгорные и межгорных понижений таежные темнохвойные ограниченного развития (М, С). 20. Горнотаежные темнохвойные оптимального развития (П). 21. Подгорные и межгорных понижений таежные темнохвойные оптимального развития (П). А5. *Таежные светлохвойные южносибирские средне-высокопродуктивные контрастных тепловых условий*. 22. Горнотаежные лиственничные и кедрово-лиственничные ограниченного развития (К). 23. Подгорные и межгорных понижений таежные кедрово-лиственничные ограниченного развития (М, С). 24. Горнотаежные лиственничные сухомшистые оптимального развития (псевдотаежные, переходные к подтаежным) (П).

Б. СЕМИАРИДНЫЕ. СЕВЕРОАЗИАТСКИЕ. Б1. *Подтаежные байкало-джугджурские повышено продуктивные теплых и недостаточно влажных условий*. 25. Горные подтаежные лиственничные (М). 26. Подгорные подтаежные лиственничные (М, УД). Б2. *Подтаежные южносибирские повышено продуктивные теплых и недостаточно влажных условий*. 27. Горно-таежные сосновые (К). 28. Горные подтаежные сосновые (М, П). 29. Подгорные подтаежные сосновые (боровых плато и долин) (С, П). Б3. *Остепненных лугов и лугово-степные долинные и низинные южносибирские средне-высокопродуктивные теплых недостаточно влажных условий*. 30. Подгорные (равнин и террас) лугово-болотные, осоково-злаковые, злаково-разнотравные закустаренные в сочетании с лиственничными лесами (С, УД). 31. Подгорные (равнин и террас) аллювиальных отложений кустарниково-осоковые в сочетании с еловыми лесами (С, УД).

В. АРИДНЫЕ ЦЕНТРАЛЬНОАЗИАТСКИЕ (ДАУРО-МОНГОЛЬСКИЕ) СТЕПНЫЕ. В1. *Горностепные хангайско-даурские (разнотравно-дерновиннозлаковые и дерновинноразнотравные) низко- и среднепродуктивные теплых сухих условий*. 32. Горностепные типчаковые (К). 33. Горностепные мятликовые (М). 34. Горностепные тонконоговые (М). 35. Межгорных понижений степные типчаковые (мерзлотные) (М). 36. Подгорные степные пижмово-тырсовые (П). 37. Подгорные и межгорных понижений степные вострещово-тырсовые (П). 38. Долинные степные в составе лугово-болотных, лугово-кустарниковых серий (С, УД). В2. *Степные высоких равнин, денудационных плато и плоских котловин среднехалхасско-монгольские (дерновиннозлаковые) низкопродуктивные очень теплых очень сухих условий*. 39. Межгорных равнин тырсовые (К). 40. Межгорных равнин карагановые (М). 41. Долинные солонцеватые в сочетании с осоковыми болотами и ивняками (С). 42. Бессточных депрессий и побережий озер солончаковые и солончаковато-луговые (переходные к го-бийскому типу) (П).

Примечание. Биологическая продуктивность — годовой прирост, выраженный в весе сухой массы органического вещества надземной и подземной частей растений (ц/га сухой массы): минимальная (менее 20 ц/га), низкая (20—40 ц/га), средняя (40—60 ц/га), повышенная (60—80 ц/га), высокая (более 80 ц/га).

Теплообеспеченность (сумма биологически активных температур воздуха: сумма среднесуточных температур за период с температурами выше 10 °С): холодные (600—800 °С), умеренно холодные (800—1200 °С), умеренно теплые (1200—1600 °С), теплые (1600—2000 °С), очень теплые (более 2000 °С).

Влагообеспеченность (радиационный индекс сухости по М. И. Будыко): избыточно влажные (менее 0,5), влажные (0,5—1,0), умеренно влажные (1,0—1,5), недостаточно влажные (1,5—2,0), сухие (2,0—2,5), очень сухие (более 2,5) [11].

Динамические категории и экологическая устойчивость геосистем: К — коренные — наиболее стабильные; М — мнимокоренные — стабильные; С — серийные — менее стабильные; П — переходные — условно стабильные; УД — устойчиво длительнопроизводные разной степени антропогенной нарушенности.

Дифференциация геосистем по степени их чувствительности и экологической устойчивости. По результатам исследования составлена обзорная карта «Чувствительность геосистем бассейна оз. Байкал» (рис. 2). В первую группу «*максимально чувствительные очень нестабильные*» (1—9, 32—42) вошли североазиатские гольцовые тундровые и альпийно-типные, высокогорные остепненно-луговые, подгольцовые кустарниковые, лиственнично-редколесные, каменисто-березовые и темнохвойно-редколесные геосистемы холодных, часто избыточно влажных, местообитаний с минимальной или низкой продуктивностью наземной растительности. Их формирование обусловлено большими значениями абсолютной высоты над уровнем моря и связанной с ней относительно умеренной континентальностью климата, приходом солнечной радиации и прогреванием почвы, ветровым режимом и степенью увлажнения.

Для самых высоких отметок Прихубсугуля (около 3400 м), Хангая (более 4000 м), Восточного Саяна (около 3500 м), а также Байкальского и Баргузинского хребтов с отметками высот более 2800 м характерно наличие гольцовых альпийно-типовых нивально-гляциальных геосистем южносибирского (алтае-саянского) типа, созданных под воздействием снежников и ледников. Здесь развиты скальные и обвально-осыпные склоны, солифлюкционные процессы; преобладают альпийно-типовые луга, луговые тундры и пустоши на мерзлотных и холодных горно-луговых почвах.

В окружении оз. Байкал наибольшие площади занимают гольцово-тундровые геосистемы байкало-джугджурского (восточносибирского) типа (преимущественно лишайниковые, мохово-лишайниковые, кустарничковые). В высокогорьях Прихубсугуля очень сильны позиции луговых высокогорных геосистем южносибирского типа: субальпийно-типовых луговых (алтае-саянских) с фрагментами кобрезиевых лугов на дерновых и глеевых горно-луговых почвах. На северном склоне Хангая гольцовые геосистемы, приуроченные к плоским вершинам и пологим склонам, представлены кустарниковыми и кустарничковыми тундрами с фрагментами криофитно-травяных (кобрезиевики, осочники) лугов, которые чередуются с высокогорными криофитно-разнотравными-дерновиннозлаковыми степями.

Подгольцово-редколесные геосистемы Прихубсугуля, Прибайкалья, Забайкалья и северного склона Хангая представлены южносибирскими и восточносибирскими преимущественно лиственными и темнохвойными геосистемами (с кедровостланиковыми, ерниковыми, ерnikово-моховыми, овсяницево-моховыми или кобрезиевыми вариантами наземной растительности). На вершинах Хэнтэя преимущество имеют подгольцовые темнохвойно-редколесные кедровые кустарничково-зеленомошные и кедровые с лиственницей ерnikово-моховые и ерnikово-кустарничково-моховые геосистемы.

В экологическом плане все они выполняют средоформирующую функцию. Особенно велика их снего- и водосборная роль. Обеспечивая трансформацию воды, ее регулирование, перевод во внутриводосборный сток, эти геосистемы несут большие гидрологические нагрузки. В целом, характеризуясь значительным недостатком тепла, слабо развитыми почвами, они отличаются высокой чувствительностью к внешнему воздействию и очень медленным восстановлением.

В эту же группу вошли горные степные западно-забайкальско-хангайско-хэнтэйские даурского типа геосистемы, в том числе склоновые и пологосклоновые разнотравно-дерновиннозлаковые и дерновинно-разнотравные среднепродуктивные теплых сухих условий, а также подгорные караганово-злаковые, террас и шлейфов литофильные мелкодерновинно-злаковые, днища котловин и долинные мерзлотные лугово-степные, лугово-болотные, солонцеватые низкопродуктивные геосистемы. Они формируются в условиях ультраконтинентального климата с выраженной цикличностью увлажнения и закономерным чередованием влажных и засушливых периодов лета. Их типологические закономерности и особенности определяются также крутизной и структурно-литологическими особенностями склонов (размером камней и щебня, содержанием в субстрате мелкозема, характером материнской горной породы и пр.).

Сюда же были отнесены геосистемы высоких равнин и денудационных останцов среднеазиатско-монгольские гемикриофильные (полухолодные) степные. Это преимущественно сухие степи, распространенные часто на мерзлотных и глубоко-

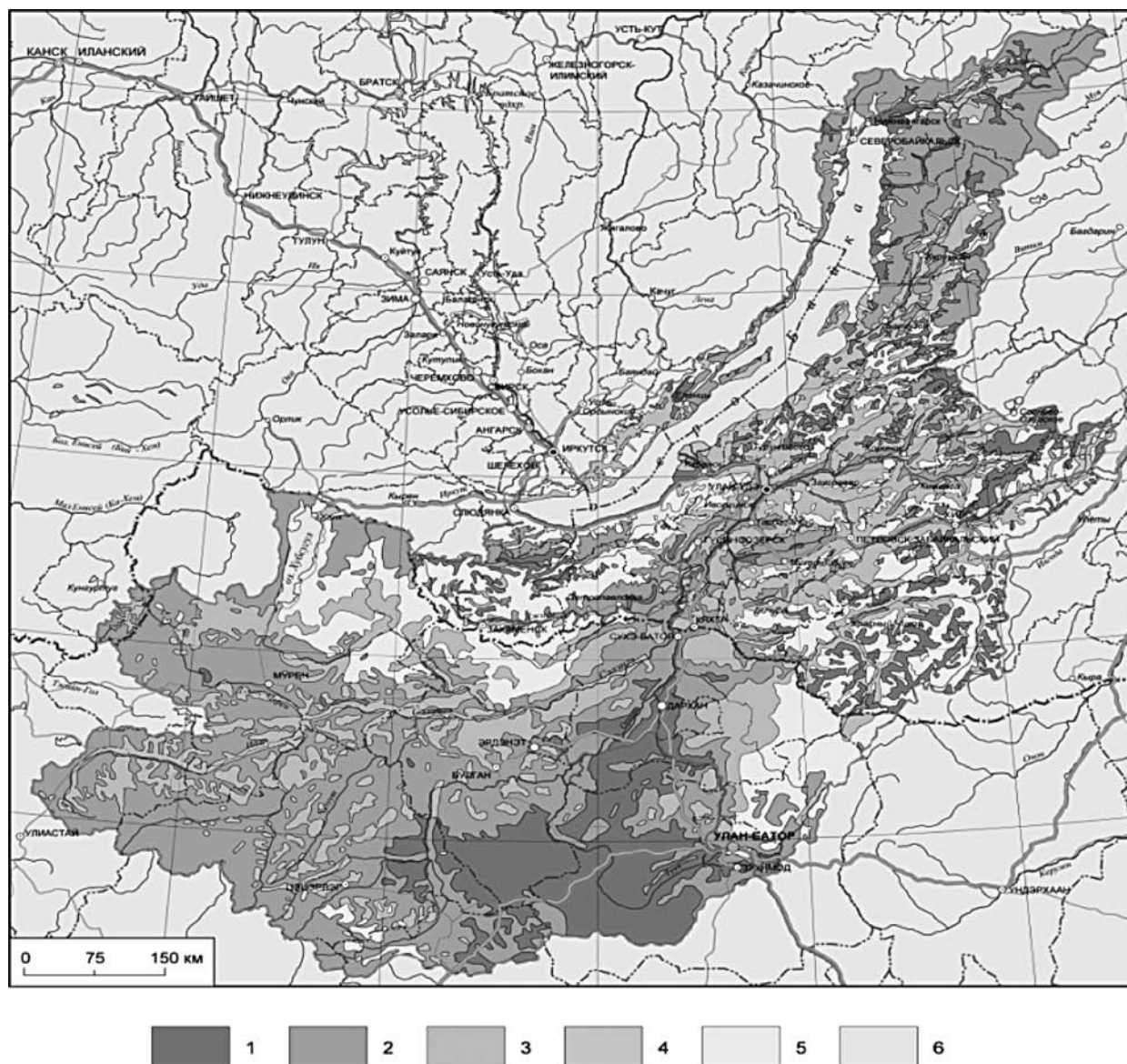


Рис. 2. Производная карта «Экологическая устойчивость и чувствительность геосистем бассейна озера Байкал»

Степень чувствительности и экологической устойчивости геосистем бассейна оз. Байкал.

1. Максимально чувствительные очень нестабильные. 1—9 — очень значительный дефицит тепла и избыток влаги, низко- и среднепродуктивные; 39—42 — очень значительный дефицит влаги, минимально и низкопродуктивные. 2. Очень чувствительные нестабильные. 10—12, 17 — значительный дефицит тепла избыток влаги, низко- и среднепродуктивные; 32—38 — значительный дефицит влаги, низко- и среднепродуктивные. 3. Средней чувствительности условно стабильные. 25—31 — некоторый дефицит влаги, повышенная продуктивность. 4. Чувствительные относительно стабильные. 15, 16 — теплые влажные средне- и повышенно продуктивные. 5. Менее чувствительные наиболее стабильные. 13, 14, 18, 19, 22, 23 — оптимальное соотношение тепла и влаги, средняя или повышенная продуктивность. 6. Малочувствительные стабильные. 20—21 — умеренно теплые с некоторым избытком влаги, высокопродуктивные.

копромерзающих каштановых почвах. Они представлены травяно-степными пижмовыми плоских поверхностей геосистемами, пологосклоновыми тырсово-пижмовыми, кроме этого, плакорными разнотравно-тырсовыми, пологосклоновыми змеевково-вострецовыми и караганово-тырсовыми вариантами. В большинстве своем они распаханы, поэтому коренная растительность здесь сильно изменена: сформировались устойчиво длительнопроизводные геосистемы. По долинам рек и в низинах распространены галофитно-луговые, ирисово-луговые, солончаковато-луговые и прочие геосистемы низкой и минимальной продуктивности.

Все сухостепные геосистемы выполняют важную средостабилизирующую водозащитную функцию, хотя их роль в регулировании стока сравнительно невелика. Вместе с этим в условиях большого испарения влаги растительный компонент этих геосистем обеспечивает сохранение существующего природного равновесия, изменение которого может привести к нарушению существующего режима увлажнения, дальнейшей аридизации почвенно-растительного покрова и, как следствие, структуры геосистем. Сухость степей весной и в первой половине лета создает большую пожароопасность. Растительность степей на песках и каменистых шлейфах в условиях сухих и очень сухих местообитаний наряду с водорегулирующей функцией выполняет почвозащитную и закрепляющую пески функцию.

К категории *«очень чувствительные нестабильные»* (10—12, 17, 24, 29) отнесены горнотаежные геосистемы редуцированных условий развития, формирующиеся преимущественно на вершинных участках или вогнутых поверхностях склонов, а также склонах северной экспозиции. Они отличаются невысоким уровнем теплообеспеченности и высокой влажностью местообитаний. Менее влажные из них — это крутосклоновые темнохвойные кустарничково-мохово-лишайниковые и рододендроновые геосистемы. При этом темнохвойные пихтово-кедровые, лиственнично-елово-кедровые и кедровые геосистемы сопровождаются преимущественно подлеском из кедрового стланика, а лиственничные — из ерника.

Типологические закономерности геосистем межгорных понижений и долин условий редуциро-

ванного развития определены сочетанием инверсионного климатического фона, склоново-подгорного типа увлажнения, структурно-литологических факторов и особого режима прогревания почвогрунтов. Для их растительного компонента наиболее характерен смешаннокустарниковый тип подлеска. Все эти геосистемы чувствительны к воздействию, имеют большое мерзлотнозащитное и водорегулирующее значение, выполняя функцию стабилизации экологической ситуации.

К этой же группе принадлежат сосновые боровые геосистемы с сильно остепненным разнотравным травостоем, которые развиваются на сухих песчаных почвах дюн или пологих склонов. Антропогенное воздействие, связанное с уничтожением здесь растительности без ее планомерного восстановления, может привести к развитию эоловых процессов.

Сюда же были отнесены псевдотаежные лиственничные геосистемы (разнотравно-ретидиевые, бруснично-ретидиевые, осочково-ретидиевые), формирующиеся преимущественно в резко континентальных местных условиях среднегорий Хангая и Прихубсугулья. По классификации геосистем В.С. Михеева [20] эти геосистемы относятся к переходному от южносибирского к центрально-азиатскому подклассу горно-таежных лиственничных геосистем. По внешнему облику они схожи с лиственничной зеленомошной тайгой, однако резко отличаются рядом признаков: травяно-кустарничковый ярус сложен из тундрово-альпийских, лугово-лесных и лесостепных видов, в моховом покрове доминирует сухой мох. В почвенном покрове этих геосистем распространены горные лесные мерзлотные грубогумусные почвы. Характерна слабая устойчивость этих геосистем к внешнему, в том числе антропогенному, воздействию. При пожарах или сплошных рубках эти геосистемы плохо восстанавливаются и часто сменяются степями.

В группу геосистем *«средней чувствительности условно стабильные»* (25—28, 30, 31) вошли подтаежные темнохвойные южносибирского типа и подтаежные лиственничные кустарничково-травяные, травяные и остепненные геосистемы байкало-джугджурского типа. Для их местоположений характерны теплые и недостаточно влажные усло-

вия и повышенная биологическая продуктивность. Это наиболее освоенные и преобразованные человеческой деятельностью и лесными пожарами территории, находящиеся на разной стадии восстановления. В исследуемом районе подтаежные геосистемы байкало-джугджурского типа представлены в верховьях р. Уды, в долине р. Джиды и на юге восточного побережья оз. Байкал. Горные южносибирские подтаежные геосистемы распространены в Прихубсугулье, в горах Хэнтэя и восточного Хангая.

В силу недостаточного увлажнения геосистемы, особенно склоновых местоположений, могут быть подвержены аридизации их почвенно-растительного компонента в условиях лесосведения. В поздневесенний и раннелетний периоды (до стадии формирования травяного растительного покрова) эти геосистемы очень пожароопасны.

Сюда же были отнесены североазиатские долинно-луговые-степные и остепненные луговые геосистемы южносибирского типа в составе лугово-кустарниково-лесных (лиственничных) серий аллювиальных равнин, распространенные в Прихубсугулье, в долинах рек — притоков р. Селенги, на склонах долины р. Эгийн-Гол, р. Хухэ-Гол и пр. В ограниченном количестве разнотравные степные геосистемы представлены в районе впадения Орхона в Селенгу. В целом их местоположения характеризуются ограниченным количеством осадков. Биологическая продуктивность растительного компонента этих геосистем значительно меньше, чем подтаежных, она колеблется между средней и низкой. Антропогенные воздействия здесь могут привести к изменению гидрологического режима в сторону иссушения и, как следствие, нарушению структуры геосистем. Поэтому особенно возрастает их водозащитная и почвозащитная роль. Протаивание мерзлотных почвогрунтов геосистем байкало-джугджурского типа может, наоборот, способствовать заболачиванию местоположений. Для всех геосистем этой группы характерны разнообразные хозяйственные функции, поэтому они имеют большое техногенно-барьерное значение.

К категории «*чувствительные относительно стабильные*» (13, 14, 15, 16) отнесены геосистемы байкало-джугджурского типа ограниченного и оптимального развития, формирующиеся преимуще-

ственно в условиях распространения мерзлотных почвогрунтов. В целом для них характерна экологическая функция стабилизации. При лесосведении здесь может увеличиваться глубина протаивания почвогрунтов, которая, особенно в условиях местоположений плоских водоразделов, межгорных понижений и долин, ведет к накоплению влаги и появлению избыточного увлажнения. В геосистемах подгорных местоположений переувлажнение обусловлено еще и дополнительным поступлением вод со склонов. В лиственничных геосистемах при проявлении избыточного почвенно-грунтового увлажнения возможно появление влажных ерников, восстановление которых в лесные угодья происходит очень медленно.

К группе «*менее чувствительные наиболее стабильные*» (18, 19, 22, 23) были отнесены все горно-таежные геосистемы условий ограниченного развития южносибирского типа. Как показал геосистемный анализ, это наиболее организованные в структурном отношении системы, выполняющие средостабилизирующую экологическую функцию (см. рис. 2). В данном регионе они находятся на территориальном пределе своего распространения, но тем не менее они экологически устойчивы и, как правило, быстро восстанавливаются после внешнего воздействия. В целом для этих преимущественно «моховых» геосистем характерна функция стабилизации (водорегулирование). В условиях континентального климата их моховая подушка обеспечивает существование особого типа экологических условий. Для сохранения моховой тайги необходимо осуществлять постоянный контроль ее состояния, соблюдать правила эксплуатации лесов и проводить мероприятия по предотвращению лесных пожаров.

В группу «*малочувствительные стабильные*» (20, 21) определены геосистемы оптимальных условий развития южносибирского типа — умеренно теплых или теплых и избыточно влажных местообитаний повышенно и высокопродуктивные: горнотаежные темнохвойные и подгорные и межгорных понижений таежные темнохвойные. Они формируются на наветренных местоположениях Хамар-Дабана и Баргузинского хребта и имеют наивысший потенциал биологической продуктивности наземной растительности. Эти «травяные» геоси-

стемы выполняют средозащитную почво- и водорегулирующую функции и требуют особого подхода при их использовании. После пожаров и рубок в лесах этих местоположений лиственная фаза очень хорошо выражена и может длиться до 150 лет, кедровая фаза в развитии древостоя наступает лишь к 200—220 годам [10]. Если не способствовать восстановлению этих геосистем, то велика вероятность их изменений.

Заключение

Разработанная специализированная классификация геосистем бассейна оз. Байкал позволила представить природу крупного региона как иерархию соподчиненных регионально-типологических подразделений. Функциональная трактовка геосистем обеспечила анализ и картографическое отображение чувствительности геосистем, когда через модификации функциональной структуры потенциально определяются возможные изменения геосистем. Динамические категории геосистем, характеризующие степень уравниваемости их внешней и внутренней сред, обеспечили прогнозирование способности их быстрого восстановления. Таким образом, картографический комплексный геосистемный анализ состояния природной среды, выполненный на столь обширной территории, обеспечил переход от функционального этапа исследования к прогнозу развития географических ситуаций.

Карты созданной КИС послужат далее базовой основой создания постоянно действующей цифровой инфраструктуры пространственных тематических данных, доступных для использования через Интернет.

ЛИТЕРАТУРА

1. Михеев В.С. Ландшафтный синтез географических знаний. Новосибирск: Наука, 2001. 216 с.
2. Батуев А.Р., Лопаткин Д.А. Обоснование и картографирование территориальной структуры экологического каркаса региона // Известия Иркутского университета. Серия: Науки о Земле. 2008. Т. 1. № 1. С. 56—75.
3. Экологический атлас бассейна оз. Байкал. Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2015. 145 с.
4. Григорьев А.А., Будыко М.И. Связь балансов тепла и влаги с интенсивностью географических процессов // Докл. АН СССР. 1965. Т. 162. № 1. С. 151—154.
5. Базилевич Н.И., Гребенщиков О.С., Тишков А.А. Географические закономерности структуры и функционирования экосистем. М.: Наука, 1986. 297 с.
6. Сочава В.Б. Теоретическая и прикладная география. Избранные труды. Новосибирск: Наука, 2005. 288 с.
7. Эколого-фитоценоотические комплексы Азиатской России. Опыт картографирования / Ред. академик В.Б. Сочава. Иркутск: Изд-во ИГ Сибири и Дальнего Востока, 1977. 69 с.
8. Эколого-географическая карта Российской Федерации, масштаб 1: 4000000. М.: ФСГК, 1996. 4 л.
9. Назимова Д.И., Ермаков Н.Б., Андреева Н.М., Степанов Н.В. Концептуальная модель структурного разнообразия зональных классов лесных экосистем Северной Евразии // Сибирский экологический журнал. 2004. № 5. С. 745—755.
10. Поликарпов Н.П., Чебакова Н.М., Назимова Д.И. Климат и горные леса Южной Сибири. Новосибирск: Наука, 1986. 215 с.
11. Волкова Е.А. Зонально-поясные закономерности распределения растительности Монголии // Известия РГО. 1992. Т. 124, вып. 6. С. 10—15.
12. Физико-географическое районирование. Карта-врезка / Ландшафты юга Восточной Сибири: Карта. М. 1:1 500 000 / Михеев В.С., Ряшин В.А. М.: ГУГК, 1977.
13. Кузнецова Т.И., Батуев А.Р., Бардаш А.В. Карта «Природные ландшафты Байкальского региона и их использование»: назначение, структура, содержание // Геодезия и картография. 2009. № 9. С. 18—28.
14. Монгольская Народная Республика. Национальный атлас. Улан-Батор—М.: Изд-во ГУГК СССР, 1990. 144 с.
15. Кузнецова Т.И., Плюснин В.М. Методология информационного обеспечения анализа экологических рисков // Проблемы анализа риска. 2012. Т. 9. № 5. С. 47—62.
16. Кузнецова Т.И., Бычков И.В., Батуев А.Р., Плюснин В.М., Ружников Г.М., Хмельнов А.Е. Структурно-типологические характеристики и экологический потенциал геосистем Байкальского региона // География и природ. ресурсы. 2011. № 4. С. 20—28.
17. Сочава В.Б., Тимофеев Д.А. Физико-географические области Северной Азии // Доклады Института

- географии Сибири и Дальнего Востока. 1968. № 19. С. 3—19.
18. Степи Евразии / Отв. ред. Е.И. Лавренко. Л.: Наука, 1991. 146 с.
19. Галанин А.В., Беликович А.В., Храпко О.В. Флора Даурии. Т. I. Владивосток: Дальнаука, 2008. 184 с.
20. Атлас озера Хубсугул. Монгольская Народная Республика / Гл. ред. к. г. н. Б.А. Богоявленский. М.: ГУКиК, 1989. 118 с.

Сведения об авторе

Кузнецова Татьяна Ивановна: кандидат географических наук, старший научный сотрудник Института географии им. В.Б. Сочавы (СО РАН)

Количество публикаций: 80, в том числе 5 коллективных монографий

Область научных интересов: геоэкология, охрана природной среды, геосистемный анализ, геоинформационное картографирование

Контактная информация

Адрес: 664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, д. 1

Тел.: +7 (395-2) 42-79-97

E-mail: kuznetzova@irigs.irk.ru