



УДК 910:528.9:004

Прогноз изменений таежных геосистем Сибири на основе представления об их организации

В. А. Снытко (vsnytko@yandex.ru)

Т. И. Коновалова (konovalova@irigs.irk.ru)

Аннотация. В статье рассмотрены основные механизмы организации и преобразования геосистем, которые служат основой прогноза изменений окружающей среды регионов.

Ключевые слова: геосистема, организация, преобразование, прогнозирование.

Введение

Решение проблем оценки и прогноза изменений природной среды регионов, повышения качества научно-информационной базы для целей управления региональным развитием является основой современных географических исследований. Они базируются на изучении геосистем, состоящих из большого числа изменчивых элементов и их взаимосвязей. Это определяет необходимость развития системной методологии географических исследований, т. е. изучения и конструирования природных объектов как систем.

При таком подходе геосистемы рассматриваются как особый класс управляющих систем, которые формируются и развиваются в пространстве и времени как единое, взаимообусловленное целое, где связи между ними, а также природными компонентами осуществляются через их общую принадлежность вышестоящей геосистеме. Это продукт синтеза времени и пространства, олицетворяемый в неповторимом целостном облике взаимосвязанных элементов, которые реагируют на воздействие внешних факторов, в том числе и деятельность человека, в зависимости от своей организации.

Объект и методы исследований

Основная задача исследований, результаты которых изложены в статье, заключалась в формировании представлений об организации геосистем как основы решения прогнозных вопросов, основных механизмах, определяющих трансформацию геосистем. В системе общенаучных знаний решение этой задачи связано с реализацией методологии современных синергетических исследований, в области физической географии – с дальнейшим развитием теории геосистем.

Объект исследования – территория юга Сибири, которая является географическим узлом контрастных природных условий и центром аграрно-индустриального освоения азиатской части России.

Методология исследований организации геосистем базируется на синтезе знаний о природе, а не просто детальном анализе отдельных компонентов и процессов.

Исследования организации геосистем базируются на информационном синтезе данных и знаний о территории, основанном на результатах стационарных, наземных и аэровизуальных маршрутных исследований, картографической информации, дешифрировании космических снимков.

Представление о прогнозировании в теории геосистем

Географическое прогнозирование В. Б. Сочава считал важнейшим направлением современной географии. Прогнозирование – это разработка представлений о природных географических системах будущего, а именно об изменениях, могущих возникнуть в процессе спонтанного развития, но чаще всего вследствие деятельности человека по освоению местности, разработке природных ресурсов и в связи с другими его воздействиями на окружающую среду [20]. Ландшафтное прогнозирование является дальнейшим развитием теории динамики и эволюции геосистем В. Б. Сочавы [8].

Было установлено, что будущее состояние природной среды определяется генезисом и историей ее развития, которое обуславливает направление антропогенных преобразований более существенно, чем последние влияют на природную среду. Поэтому для прогнозирования надо знать потенциальные естественные свойства геосистем (свойства, характеризующие скрытые возможности), особенно те, которые несут большую прогностическую информацию (структуру и динамику, устойчивость, возможность трансформации под действием внешних факторов, этапы развития). При изучении потенциальных свойств геосистем важно выявлять факторы, которые могут задерживать или ускорять наступление прогнозируемого события и учитывать характер антропогенной нарушенности различных типов геосистем.

Несмотря на выраженную дискретность динамических стадий во времени, геосистемам свойственна определенная преемственность тенденций развития. В этой связи прогнозные исследования базируются на выявлении закономерностей формирования, развития и преобразования структуры геосистем и их взаимосвязей в зависимости от морфотектонических, климатических и геологических условий прошлого и настоящего. С историей развития географической среды сопряжена гомогенность геосистем, которая проявляется при определенных современных физико-географических условиях. История развития геосистем отражается в их структуре, изучая которую, можно экстраполировать устойчивые элементы структуры и тенденции развития на прогнозируемый отрезок времени. Знание этапа развития геосистемы также существенно для прогноза. Так, к примеру, наибольшие изменения система испытывает на этапе зарождения, когда связи между ее элементами еще неустойчивы.

Интегральным фактором изменения компонентов геосистемы служит геосистема в целом, в структуре которой, с одной стороны, реализуются фоновые воздействия геосистемы вышестоящего уровня, а с другой – законо-

мерности строения и развития определенной подсистемы или компонента. При этом динамика компонента соответствует структуре геосистемы, в которую он входит, что является одним из ведущих критериев построения геосистемы как динамической целостности [20; 9]. Выявление закономерностей смены состояний геосистем, вскрытие последовательности их изменений, связывающей предшествующие состояния с последующими, определение времени существования, оценка изменчивости и устойчивости, изучение функциональной связи между разнообразием и сменой состояний, пространственной дифференциацией геосистемы – основные аспекты изучения переменных состояний геосистем.

Структура и функционирование геосистем даже в условиях относительной стабильности природной среды не остаются неизменными в течение сколько-нибудь длительного времени. Динамика геосистем одновременно может служить как причиной изменения ее структуры, так и условием ее стабилизации. Причем наибольшее стабилизирующее воздействие принадлежит биоте [21]. Вместе с тем биогенные ритмы, особенно в системах с господством многолетних жизненных форм, являются мощным источником смен. Становление или изменение уже сформировавшихся геосистем проходит через ряд последовательных стадий – сукцессионных рядов (или рядов трансформации). Они представлены различного рода факторальными, динамическими и прочими рядами серийных геосистем, которые заключают серии сменяющих друг друга состояний в ходе спонтанного развития или в результате воздействия человека.

Сукцессионные ряды рассматриваются в качестве реакции геосистемы на изменение природной среды, а также на характер и интенсивность воздействия на нее антропогенных факторов. В то же время их считают формой разрешения ряда внутренних противоречий, которые проявляются в процессе развития различных компонентов геосистем. Производные модификации представляются как различные переменные состояния коренной фации, вызванные антропогенным воздействием.

В зависимости от характера воздействия, которое обуславливает степень разрушения структуры коренной геосистемы и особенности ее восстановления, определяются ряды ее трансформации. Отмечается [20], что любая геосистемная единица существует в системе функциональных и других отношений со своими окрестностями. В изменчивости и стабильности геосистемы отражаются связи с внешним окружением. Особенно существенно это при рассмотрении единиц топологической размерности, так как на этом географическом уровне наиболее высоки относительные контрасты между смежными участками и соответственно интенсивность воздействия геосистем друг на друга.

К проблеме решения прогноза изменений геосистем на основе учета их динамики относится также вопрос об их возрасте, или точнее – долговечности – отрезка времени, в течение которого действует структура, свойственная данной геосистеме, с присущим ей соотношением компонентов [19]. Время существования геосистемы связано с остальными ее свойствами и меняется также в зависимости от ее иерархического уровня. Многочисленные кратковременные (с геологической точки зрения) смены состояний –

суть текущей жизнедеятельности (функционирования) природных систем и актуальные проявления их динамики. Они качественно отличны от долговременных генетических этапов, связанных с эволюцией земной природы.

Хотя оба аспекта – эволюционно-генетический и функционально-динамический – взаимосвязаны, для каждого из них характерны свои закономерности [14; 19]. В геотопологии возраст выражается в показателях летоисчисления исторической географии, для геосистем планетарной и большей части региональной размерности применимы параметры геохронологии. Эволюционный принцип сохраняется для подчиненных им таксонов. Таким образом, динамический критерий, как правило, применяется в отношении геосистем топологической и нижних ступеней региональной размерностей.

Долговечность геосистемы – период времени, в течение которого биогеоценоз (либо фация) удерживает за собой определенную территорию. Долговечностью при спонтанной динамике отличаются коренные геосистемы. Наряду с этим серийные биогеоценозы недолговечны, хотя и относятся к серийным фациям, имеющим большой возраст. Геосистемы планетарной размерности имеют наибольший возраст, геосистемы топологического уровня – наименьшую продолжительность существования, а региональные занимают в этом отношении промежуточное положение.

В процессе динамики отдельные природные компоненты обнаруживают различные темпы и степень изменчивости. Наиболее мобильные из них, которые быстро трансформируются под влиянием тех или иных процессов и явлений, а также деятельности человека, обычно оказываются критическими в структуре геосистемы. В зависимости от физико-географической обстановки критическими могут стать любые компоненты геосистемы, которые определяют интенсивность протекающих процессов и как следствие – мобильность и степень изменчивости.

В связи со сложностью исследования геосистем возникла потребность применить универсальные законы, которые были определены в рамках современных синергетических исследований. В них главное внимание уделяется принципам построения организации систем, обстоятельствам ее возникновения, развития и усложнения. Первоначально системные географические исследования группировались вокруг создания теории полисистем, информации либо решения отдельных проблем, таких как познание устойчивости, памяти, прямых и обратных взаимосвязей, пространства и времени, фракталов и др. Они показали, что геосистемы организованы намного сложнее, чем представлялось ранее. Примером этому являются взаимодействие различных форм движения материи, при котором формируется особое качество целостности; наличие памяти о предыдущих состояниях; механизмы развития в гармонии с системой более высокого иерархического уровня. Геосистема имеет глубокое информационное содержание, которое находится вне частных моделей. Изучение организации геосистем на современном уровне исследований – это не просто раскрытие частных свойств и территориального целого, а понимание того, каким образом части сливаются в целое и развиваются как целое через проявление связей и изменений.

Механизмы организации геосистем

Синтез географических и синергетических знаний, данных многолетних экспедиционных изысканий послужил основой для разработки методологии исследований пространственно-временной организации геосистем, которая служит основой решения прогнозных вопросов. Она базируется на представлении об организации геосистем как сложном процессе формирования, сохранения и упорядоченного преобразования целостности за счет внутренних механизмов. Сложность процесса заключается в сочетании многих перемен, в том числе прогрессивных и регрессивных изменений, ритмических колебаний, обусловленных сложным переплетением внутренних и внешних стимулов. Основными механизмами, определяющими пространственно-временную организацию геосистем, являются вещественно-энергетический обмен, внутренние взаимосвязи, связь со средой, развитие (направленность и необратимость), резонанс процессов, устойчивость.

Обмен веществом и энергией между космосом и географической оболочкой, а также ее компонентами является важным механизмом организации, определяющим ее самостоятельность как структурно-функциональное и естественно-историческое образование [6]. Многократное «преломление» входящих извне импульсов внутрисистемными взаимосвязями создает различные по времени проявления, разветвленные цепи разнообразных последствий, изменения границ геосистем. Внутреннее содержание геосистемы, ее внешняя среда, функциональная обособленность изменяются в зависимости от иерархического уровня. Так, географическая оболочка – геосистема самого высокого уровня – имеет со своим земным и космическим окружением в основном энергетические связи (поступление солнечной радиации и энергии различных силовых полей). Для геосистем регионального уровня организации усиливается взаимодействие с окружающими геосистемами. Геосистемы низших таксонов топологического уровня в наибольшей степени пронизаны транзитными и обменными потоками. Благодаря значительному воздействию со стороны внешнего окружения, они являются самыми динамичными и изменчивыми типами.

Так, к примеру, в тайге Средней Сибири возрастание суммы активных температур (за период с устойчивой среднесуточной температурой воздуха выше 10 °С) с севера на юг измеряется величинами порядка 70–90 °С на 100 км. В то же время в пределах одного склона в местности с умеренно расчлененным рельефом этот градиент достигает 50 °С на 100 м [9]. Как следствие – усиливаются взаимосвязи и перераспределение вещества и энергии между геосистемами локального иерархического уровня, в результате чего они зависят от смежных с ними геосистем намного сильнее, чем сопредельные региональные единицы влияют друг на друга. Это предопределяет характерные для каждого иерархического уровня особенности организации и преобразования геосистем.

Для геосистем условия соподчинения задаются физико-географическими характеристиками, присущими узловым геосистемам – высшим таксонам планетарного, регионального и топологического уровня размерности. Значения их «управляющих параметров» являются основными при определе-

нии тенденций преобразования подчиненных геосистем, амплитуды их изменений и вероятности перехода в соседний таксономический тип. Любые изменения в функционировании узловых геосистем оказывают воздействие на подчиненные, задавая им траекторию нового преобразования.

Например, в настоящее время в пределах юга Средней Сибири при показателях радиационного индекса сухости порядка 1,0 отмечается функционирование темнохвойно-таежных геосистем, приуроченных к области проявления сезонной и многолетней мерзлоты. Оптимальное их развитие в регионе [15] происходило в конце позднего плейстоцена, а с раннего голоцена на их месте началось формирование светлохвойно-таежных типов геосистем. Их существование обусловлено консервированием мерзлотой осенних осадков предшествующего периода, которая обеспечивает водоснабжение растений в сухой период за счет постепенного оттаивания. Это помогает геосистемам сохранять на определенное время свою «независимость» относительно региональных ландшафтных условий. В этой связи уместно напомнить высказывание А. Н. Криштофовича [10], отмечавшего, что темная тайга с ее толстым моховым покровом держит мерзлоту на малой глубине, этим способствуя заболачиванию плато и вообще большей сырости. Опускание мерзлоты способствует развитию оподзоливающих процессов и осушению местности, и в результате распространения на территории страны боров мы находим тут уже совершенно иные физические условия.

Антропогенная деятельность обычно ускоряет естественный ход процессов организации, преобразуя наиболее быстро геосистемы с низкими показателями вещественно-энергетического обмена, крайними проявлениями согласованности элементов и т. д. В результате значительная антропогенная трансформация геосистем во многом определяется проявлением механизмов их организации. Наиболее наглядны резкие трансформации в геосистемах с жестким и дискретным типом взаимосвязей (рис. 1).

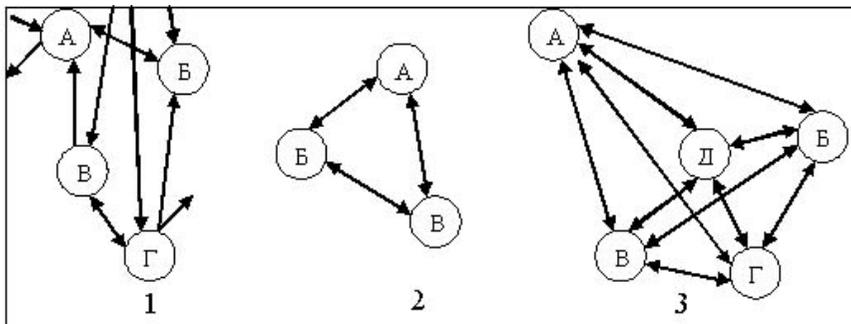


Рис. 1. Взаимосвязи частей геосистем. Типы взаимосвязей:

1 – дискретный, в котором элементы и подсистемы слабо взаимосвязаны между собой – экотоны и «молодые» системы; 2 – жесткие – серийные факторальные и реликтовые геосистемы; 3 – гармоничная согласованность разнообразных подсистем (коренные и мнимокоренные типы).

А – Д – условные символы элементов системы. Стрелки – направления связей

Геосистемы, как открытые динамические системы, органически связаны со своим окружением и включены в структуру организации среды. Любое внешнее воздействие на геосистему трансформируется ее взаимосвязанными составляющими, становясь затем ее внутренней средой. Однако не всякое изменение внешней среды может привести к модификации геосистемы. В естественных условиях влияние среды определяет особенности функционирования геосистемы. Это потоки тепла, влаги и минеральных веществ. В свою очередь воздействия, которые переводят систему из одного состояния в другое, У. Р. Эшби [25] предлагал называть возмущениями. Если сигнал не выходит за пределы «степени свободы», то видимой реакции на него обычно не происходит. Напомним, что под «степенью свободы» понимается отсутствие жесткой взаимосвязи между компонентами геосистемы, что позволяет ее отдельным составляющим изменяться в определенных пределах, не нарушая общей системной организации [20].

Сохранение и изменение организации геосистем зависит от согласованности протекания в них процессов, количественные вариации которых совершаются в определенном интервале максимальных и минимальных значений – степеней свободы, определяемых физико-географическими условиями узловых геосистем. Экстремумы возникают в то время, когда разные ритмы совпадают по фазе и усиливают друг друга. К примеру, для юга Средней Сибири, расположенного во внутриконтинентальном секторе внетропического пояса, основные динамические проявления обусловлены распределением тепла и влаги. Наиболее опасно совпадение периодов усиления процессов аридизации с однонаправленным эффектом антропогенного воздействия.

Согласно материалам [10; 22], на Манзурской возвышенности и Березовом хребте, входящих в систему хребтов Ангаро-Ленского междуречья, ель, кедр и в меньшей степени пихта занимали господствующее положение как в депрессиях, так и на водораздельных поверхностях. В то же время отмечалось постепенное вытеснение темнохвойной тайги сосновыми, лиственничными и мелколиственными лесами, происходящее главным образом в результате лесных пожаров. Для более северных районов Средне-Сибирского плоскогорья это же явление зафиксировано другими исследователями [1; 2; 5; 16]. Позже было отмечено [4], что для всего пространства между Енисеем, Нижней Тунгуской, Байкальским хребтом и лесостепной полосой характерно развитие темнохвойной тайги на водоразделах. Все они были покрыты кедрово-пихтовой тайгой с той или иной примесью ели и лиственницы. В настоящее время большая часть этих пространств занята разной давности гарями.

Маршрутные и дистанционные исследования, проведенные авторами в этих районах, показали, что для большинства местоположений, примыкающих к рекам Ангаре, Илим, Лене, характерны антропогенно-нарушенные типы геосистем, которые не восстанавливаются до исходного состояния даже после устранения внешнего воздействия. Это акцентирует внимание на том, что даже незначительное влияние на геосистему может вызвать значительную трансформацию ее структуры и последующее изменение среды.

Процесс развития является одним из ведущих механизмов организации геосистем, обуславливая направленность и необратимость их трансформации. Основным условием его проявления является накопление вещества и энергии в геосистеме. Видоизменения, накапливаясь в геосистеме, со временем инициируют ее эволюционные преобразования. Вместе с тем на протяжении некоторого времени в геосистеме происходит поддержание достигнутого уровня организации за счет устойчивости.

Устойчивость геосистем – качественная категория, инвариантная современному состоянию природной среды региона, которая проявляется в системной совокупности свойств, отражающих их внутреннюю целостность и отношения с внешней средой. В соответствии с факторами организации геосистем выделяются критерии для оценки их устойчивости: своеобразие – принадлежность геосистем к тем или иным региональным подразделениям, отражающая типичность/нетипичность их распространения; разнообразие – вариантность и сложность составляющих геосистему подсистем и их взаимосвязей; характер внутренних взаимосвязей; видоизменения – отклонения от коренной (фоновой) нормы, отражающие направленность процессов преобразования геосистем; положение в определенных частях ареала; возраст геосистем.

Использование предложенных критериев позволило объединить геосистемы региона в пять крупных категорий по степени устойчивости.

1. Очень низкая степень устойчивости. Это горно-таежный пояс с геосистемами лиственничных редколесий, редкостойной лиственничной лишайниково-кедрово-стланиковой тайги северобайкальских хребтов и нагорий, а также кедровые и пихтовые редколесья, редкостойные горно-таежные темнохвойные геосистемы. Характерна значительная роль в динамических преобразованиях криогенных, флювиальных, денудационных и гравитационных процессов, повышенной сейсмичности. Сюда же отнесены среднетаежные геосистемы с разреженными кустарничково-моховыми лиственничниками на мерзлотных почвах, располагающиеся в бассейне р. Нижней Тунгуски.

2. Низкая степень устойчивости. Среднетаежные мерзлотные лиственничные кустарничково-зеленомошные, с фрагментами бруснично-зеленомошных сосняков на песчаниках, развитых вне основного ареала, средне- и подгорные темнохвойно-таежные геосистемы Северо-Байкальского нагорья, хребтов Аkitкан, Приленского и Лено-Ангарского плато, а также светлохвойно-еловые редкостойные ерниковые геосистемы речных долин приленских и северных районов региона.

3. Средняя степень устойчивости. Горно-таежные темнохвойные и подгорно-долинные гидроаккумулятивные геосистемы Восточного Саяна и Предсаянского прогиба.

4. Высокая степень устойчивости. Все предгорно-подгорные подтаежные светлохвойные травяные геосистемы Саяно-Байкальской горной области и островные степи.

5. Наиболее высокая степень устойчивости. Южнотаежные светлосвойные травяно-брусничные геосистемы равнин и низких плато юга Иркутской области (рис. 2).

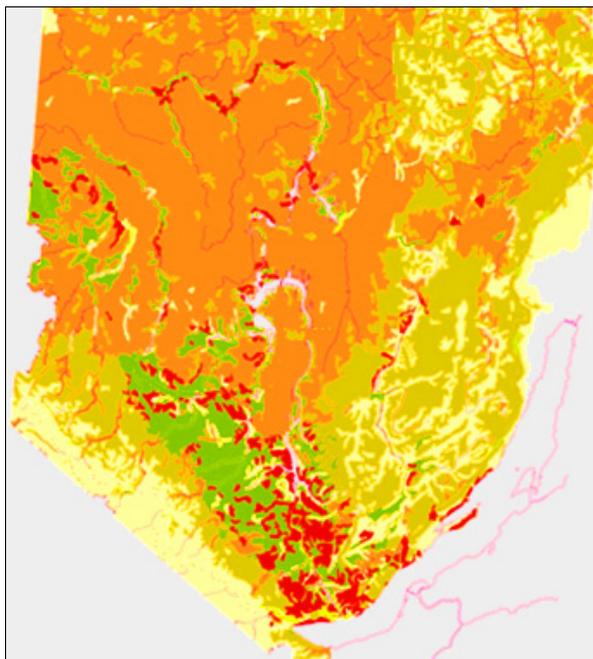


Рис. 2. Устойчивость геосистем юга Средней Сибири

Категории устойчивости:



Прогноз преобразований таежных геосистем региона

Считается, что тайга является продуктом эволюции позднетургайских ландшафтных структур, а пихтово-еловые леса – их реликтами. Формирование тайги приурочено к концу миоцена, когда произошло похолодание климата с последующей его аридизацией (t_1 $0^\circ \dots +3^\circ \text{C}$, средняя t_{VII} $+20^\circ \text{C}$; сумма осадков – 1000 мм/год) [2; 4]. Недостаточная влажность воздуха в период вегетации и низкие зимние температуры обусловили распад широколиственной тургайской флоры. На севере Сибири увеличились ареалы хвойных лесов (тсуга, пихта, ель), на юге – сосновых боров и березняков, приспособленных к возросшей сухости воздуха и зимним заморозкам. Трансформация тургайских лесов в таежные геосистемы происходила прежде всего на равнинах вследствие инверсий **температуры** воздуха.

Подъем хребтов и нагорий на востоке региона в плиоцене привел к возникновению орографических преград, которые оказали влияние на циркуляцию атмосферы. Значительную роль стал играть Сибирский антициклон (t_1 $-5 \dots -10^\circ \text{C}$; t_{VII} $+15 \dots +20^\circ \text{C}$; сумма осадков – 600–800 мм/год). Это обусловило дифференциацию геосистем – от неморальных до подтаежных.

Следующий этап приурочен к плейстоценовому похолоданию климата и усилению его континентальности. Характерно появление и длительное сохранение снежного покрова, способствующего выхолаживанию и иссушению воздуха ($t_I -25\text{ }^\circ\text{C}$; $t_{VII} +15\text{ }^\circ\text{C}$; сумма осадков – 400–600 мм/год). С этим этапом сопряжено формирование таежно-темнохвойных геосистем современного облика и начало изменения восточного рубежа ареала лиственницы сибирской и распространение лиственницы даурской на запад и юг [7]. Очевидно, по этой причине в ряде публикаций утверждается, что таежный тип геосистем на большей части своего современного ареала является следствием ледникового периода.

Одним из гипотетических центров возникновения тайги считается Южно-Сибирский, к которому относятся таежные геосистемы Приангарья. Он не испытал оледенения, в связи с чем тайга с момента своего появления существовала здесь постоянно. Поэтому геосистемы таких регионов имеют более типичные таежные черты и могут служить своеобразной «точкой отсчета» для сравнения таежных геосистем Сибири. Здесь таежные, перигляциальные степные, а также таежные и тундровые фации сочетались в единой динамической системе, что сказалось на многих особенностях современных таежных геосистем региона.

Во время сартанской ледниковой эпохи произошло повсеместное развитие «подземного оледенения», а также формирование ерниковых, кедрово-стланиковых светлохвойно-таежных геосистем на северо-востоке региона. В последовавший за ним межледниковый период усложнилась морфологическая структура геосистем, унаследовавшая реликты предыдущих эпох: ледяные прослой, линзы и клинья льда, карбонатные отложения и покровные толщи лессовидных суглинков. Изменение климата происходило в сторону потепления, но сухость осталась.

Голоцен ознаменовался активизацией тектонических процессов и формированием альпинотипного рельефа гор юга Сибири. Значительные амплитуды неотектонических поднятий способствовали изменениям высоко-пооясной структуры, неоднократной трансформации поясных рубежей, типов растительности, обеднению флоры. В раннем голоцене началось развитие современных ареалов светлохвойно-таежных геосистем, которые в среднем голоцене заняли территорию Средней Сибири и Забайкалья южнее 60° с. ш. В ксеротермический период голоцена произошла очередная активизация процесса ксерофитизации, которая была вызвана как климатическими изменениями, так и формированием и развитием крупных речных долин, характеризующихся более высокими температурами воздуха в годовом цикле по сравнению с другими частями рельефа. Это ознаменовало современный этап развития процессов ксерофитизации. Условия сухого континентального климата, установившиеся в плиоцене, сохранились до настоящего времени.

Таким образом, за период миоцен – голоцен произошло изменение таежных геосистем региона, которое выражается в уменьшении ландшафтного разнообразия, вытеснении лиственных лесов хвойными и дальнейшем усилении господства светлохвойных геосистем. Эти изменения во многом обусловлены процессами ксерофитизации и усиления континентальности климата.

В настоящее время на юге Средней Сибири наметилась тенденция к трансформации таежных и подтаежных геосистем, которые находятся на пределе своего оптимального развития, в более теплолюбивые. По ряду метеостанций региона, расположенных в большинстве случаев в долине Ангары, отмечается тенденция снижения осадков на фоне потепления климата. Здесь прослеживается высокая интенсивность регионального потепления климата, характеризующаяся линейным трендом $0,6\text{--}0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ за 10 лет [25]. Уменьшение увлажненности ландшафтов идет со скоростью $0,3\text{--}1,6$ мм/год.

В многолетнем ходе температуры почвы также наблюдаются устойчивые положительные тренды, что вызывает постепенную деградацию островов многолетнемерзлых пород. С начала 80-х гг. XX в. в регионе фиксируется устойчивое снижение глубины и скорости сезонного промерзания почв и повышение темпов оттаивания. За последние 40 лет глубина промерзания снижалась здесь в среднем со скоростью $1,2$ см/год. В связи с этим проявления процесса остепнения геосистем вполне очевидны.

Ангарская сосновая подтайга и ее горные аналоги, представленные в наиболее континентальных условиях классом фаций лиственничных травяных лесов, отражают основную региональную специфику перехода от зональных типов геосистем к системам Саяно-Байкальской горной области. По крутым, преимущественно солнечным склонам речных долин фрагменты подтайги продвигаются далеко на север. При этом низкоравнинные подтаежные геомы приурочены в основном к почвам среднего механического состава, содержащим углекислую известь. Эти геосистемы, как и темнохвойно-таежные, обладают жестким типом внутренних взаимосвязей и недостаточным разнообразием элементов. После какого-либо воздействия геосистема довольно быстро переходит в новое состояние. Это подтверждают исследования, проведенные в пределах ключевого участка, расположенного в окрестностях г. Черемхово, геосистемы которого нарушены открытыми разработками каменного угля. В пределах территории активно проявляется преобразующая динамика, которая привела к довольно заметным и быстрым изменениям структуры низкоравнинных подтаежных геосистем [18].

Подтайга с характерной для региона системой сближенных зональных границ по существу является региональным экотоном. В условиях аридизации климата на открытых пространствах, где наблюдается дефицит влаги, быстрое и усиленное прогревание почв в весенне-летний период и деградация сезонной мерзлоты, речь может идти об экспансии степных группировок, особенно в пределах низкоравнинных подтаежных остепненных геосистем. В южной части региона наблюдается обширное развитие солончаков и солонцов. При этом большое значение имеет не только характер петрологического состава отложений, но и гидротермический режим почв, которые глубоко промерзают во время малоснежной зимы. В начале весны почвы подвергаются интенсивному солнечному воздействию, так как снег на открытых участках сходит очень быстро. Их поверхность оттаивает и иссушается, в то время как более глубокие горизонты остаются промерзшими. Влага, возникающая при их оттаивании, перемещается вверх и испаряется. Поскольку этот период отличается крайней засушливостью, то нисходящих

потоков влаги, поступающих с осадками, нет. В результате этого в течение всей весны и в начале лета происходит накопление солей в верхней части почвенного профиля. С наступлением более влажного летне-осеннего периода легкорастворимые соли выносятся, но карбонаты кальция и магния остаются. Их удержанию способствует развитие во всех депрессиях длительной сезонной мерзлоты, препятствующей просачиванию воды с растворенными в ней солями. Накоплению солей в почвах содействуют также климатические условия, характеризующиеся малым количеством осадков и преобладанием испаряемости над поступлением влаги с осадками в подтаежной и степной частях территории [12; 13].

Мерзлота в плейстоцене имела в регионе значительное распространение, оказывая при этом заметное влияние на формирование почвенного и растительного покрова. В частности, с ней сопряжено развитие ерников и темнохвойной тайги. В настоящее время ерниковые и темнохвойно-таежные геосистемы развиты там, где есть многолетняя мерзлота, поддерживающая в почве необходимое для их существования количество влаги. Обильный подлесок и мхи предохраняют почву от прогревания, в результате чего здесь даже в конце лета можно встретить лед сразу под дерновой подстилкой. На тесную взаимосвязь многолетней мерзлоты и определенного типа растительности указывал и В. Ф. Тумель [23], который писал о том, что многолетняя мерзлота изменяет главным образом режим подземных и поверхностных вод и способствует развитию благоприятной для ее сохранения растительности.

Темнохвойно-таежные геосистемы, расположенные в экотонной полосе со светлохвойными, функционируют в настоящее время в условиях сухого континентального климата, сформировавшегося еще в плиоцене. Это системы с жесткими связями составляющих их элементов, которые обладают слабым компенсационным механизмом к внешним воздействиям, поскольку утрата даже одного из них отражается на всей системе и может стать причиной ее разрушения. Возможность их существования обеспечивается за счет сохранения многолетней мерзлоты, «поставляющей» влагу корневой системе деревьев, и смягчающей роли фитоклимата, который создают сами леса. Нарушение этого баланса приводит зачастую к полному уничтожению темнохвойно-таежных геосистем. Об этом свидетельствуют многочисленные примеры их динамических замещений, например байкало-джугджурскими условно-длительно-производными лиственничниками в отрогах Лено-Ангарского плато. Эти сообщества, являясь производными, устойчивы во времени и не возвращаются к исходным коренным сообществам даже при снятии антропогенного воздействия.

Практически для всей территории юга Сибири характерна интенсивная и разнообразная антропогенная деятельность, которая становится заметным фактором, способствующим трансформации геосистем. Суммарное наложение временных колебаний экстремальных значений функционирования геосистем создало условия, способствующие структурным изменениям геосистем, которые были активизированы в процессе антропогенного воздействия. Под влиянием факторов ксерофитизации климата в восточной и юго-восточной частях территории происходит расширение площадей листвен-

нично-таежных геосистем и оттеснение темнохвойных на более высокие уровни. Одновременно темнохвойные леса с пихтой сменяются кедровыми либо кедровыми с примесью светлохвойных пород. При достаточно частой повторяемости пожаров (не реже чем раз за 100–150 лет) существование темнохвойно-таежных геосистем становится проблематичным даже в наиболее благоприятных для них природных условиях. Эти закономерности характерны также и для светлохвойных типов геосистем. В этом случае лесобразующими становятся мелколиственные породы либо кустарниковые и травянистые формации.

Антропогенное воздействие во многом изменяет сложившиеся условия, усиливая неблагоприятные для функционирования геосистем процессы. В частности, на региональном уровне происходит изменение теплового режима геосистем. Это наблюдается как в вековом изменении термических условий в районах активного освоения территории, так и в частных колебаниях, отмеченных для отдельных типов геосистем [3]. Вместе с тем в связи с парниковым эффектом на планете ожидается дальнейшее повышение средней температуры воздуха с градиентом в $0,26\text{ }^{\circ}\text{C}$ за десятилетие, которая к концу столетия возрастет на $3\text{ }^{\circ}\text{C}$. Последствия такого резкого потепления могут быть катастрофичны для геосистем бореальной зоны.

Антропогенная деятельность также изменила и направление процессов почвообразования в регионе, под ее влиянием общей тенденцией изменения почв таежных геосистем, находящихся в экотонной полосе со степными, является их остепнение, выражающееся в приближении к поверхности карбонатного горизонта, снижении кислотности, появлении солонцеватости, уплотнении, образовании столбчатой структуры.

Таким образом, знание сложившихся тенденций преобразования геосистем позволяет ответить на вопрос о том, что, где и с какой интенсивностью будет изменяться под воздействием тех или иных фактов.

Заключение

Исследование организации геосистем является современным средством решения прогнозных вопросов, соответствующее усложнившимся научным задачам географии в свете новых представлений, возникших в естествознании. При таком подходе происходят целенаправленный поиск, сбор и интерпретация данных, обеспечивающие всестороннюю характеристику преобразования геосистем территории. В результате этого весь механизм многопланового изучения географических объектов синтезируется на единой основе, учитывающей универсальные механизмы организации разнообразных геосистем.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 12-05-00819-а).

Список литературы

1. Боровиков Г. А. Растительность Западного Заангарья / Г. А. Боровиков // Предварит. отчет о ботан. исслед. в Сибири и Туркестане в 1910 г. – СПб. : Изд. Переселенч. упр., 1911. – С. 43–53.

2. *Боровиков Г. А.* Очерк растительности Восточного Заангарья / Г. А. Боровиков // Тр. почв.-ботан. экспедиций по исслед. колонизацион. р-нов Азиат. России. Ч. 2. Ботан. исслед. 1909 г. – СПб., 1912. – 93 с.
3. *Буфал В. В.* Изменение климата на территории Иркутской области в XX в. / В. В. Буфал, Н. Н. Густокашина, И. Е. Трофимова // Анализ и стохастическое моделирование экстремал. стока на реках Евразии в условиях изменения климата. – Иркутск, 2004. – С. 224–236.
4. *Васильев Я. Я.* Леса и лесовозобновление в районах Братска, Илимска и Усть-Кута / Я. Я. Васильев // Тр. СОПС АН СССР. Сер. сиб. – Л., 1933. – Ч. 1, вып. 2. – 111 с.
5. *Ганешин С. С.* Растительность Ангаро-Илимского края Иркутской губернии // Тр. почв.-ботан. экспедиций по исслед. колонизацион. р-нов Азиат. России. Ч. 2. Ботан. исслед. 1909 г. – СПб., 1912. – 154 с.
6. *Григорьев А. А.* Закономерности строения и развития географической среды // Избр. теорет. работы. – М. : Наука, 1966. – 382 с.
7. *Дылис Н. В.* Лиственница Восточной Сибири и Дальнего Востока / Н. В. Дылис. – М. : Изд-во АН СССР, 1961. – 209 с.
8. *Исаченко А. Г.* Теория и методология географической науки / А. Г. Исаченко. – М. : АРАДЕМА, 2004. – 340 с.
9. *Крауклис А. А.* Проблемы экспериментального ландшафтоведения / А. А. Крауклис. – Новосибирск : Наука, 1979. – 232 с.
10. *Криштофович А. Н.* Очерк растительности Око-Ангарского края (Иркутской губернии) / А. Н. Криштофович // Тр. почв.-ботан. экспедиций по исслед. колонизацион. районов Азиат. России. Ч. 2. Ботан. исслед. 1910 г. – СПб., 1913. – Вып. 3. – С. 4–184.
11. *Крылов Н. П.* Тайга с естественноисторической точки зрения / Н. П. Крылов // Науч. очерки Том. края. – Томск, 1898. – 15 с.
12. *Кузьмин В. А.* Почвы Предбайкалья и Северного Забайкалья / В. А. Кузьмин. – Новосибирск : Наука, 1988. – 163 с.
13. *Надеждин Б. В.* Лено-Ангарская лесостепь (почвенно-географический очерк) / Б. В. Надеждин. – М. : Изд-во АН СССР, 1961. – 314 с.
14. *Нееф Э.* Теоретические основы ландшафтоведения / Э. Нееф. – М. : Прогресс, 1974. – 220 с.
15. *Нейштадт М. И.* К палеографии территории СССР в голоцене / М. И. Нейштадт // Изв. Акад. наук. Сер. География. – 1955. – № 5. – С. 32–38.
16. *Райкин А. Я.* Ангаро-Илимо-Ленский район Иркутской губернии / А. Я. Райкин // Предвар. отчет об организации и выполнении работ по исслед. почв Азиат. России в 1911 г. – СПб. : Изд-во Переселенч. упр., 1912. – С. 79–85.
17. *Синицын В. М.* Древние климаты Евразии / В. М. Синицын. – Ч. 1. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1965. – 168 с.
18. Современное состояние и динамика экотонных лесостепных геосистем в условиях открытой разработки угля (на примере Верхнего Приангарья) / В. А. Снытко, Т. И. Коновалова, А. Д. Китов, Е. И. Клевцов, И. Н. Лезнова // География и природ. ресурсы. – 2000. – № 4. – С. 87–92.
19. *Сочава В. Б.* К теории классификации геосистем с наземной жизнью // Докл. Ин-та геогр. Сибири и Дальнего Востока. – 1972. – Вып. 34. – С. 3–14.
20. *Сочава В. Б.* Введение в учение о геосистемах / В. Б. Сочава. – Новосибирск : Наука, 1978. – 320 с.
21. *Сочава В. Б.* Растительный покров на тематических картах / В. Б. Сочава. – Новосибирск : Наука, 1979. – 189 с.

22. *Томин М. П.* Экспедиция в Верхотенском и Балаганском уездах // Предвар. отчет о ботан. исслед. в Сибири и Туркестане в 1908 г. – СПб. : Изд-во Переселенч. упр., 1909. – С. 84–89.

23. *Тумель В. Ф.* К истории вечной мерзлоты в СССР // Тр. Ин-та географии. – М., 1946. – Вып. 37. – С. 120–131.

24. *Эшби У. Р.* Введение в кибернетику / У. Р. Эшби. – М. : ИЛ, 1959. – 544 с.

25. *Climate Change Impacts. Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific // Technical Analyses.* – Cambridge Univ. Press., 2010. – P. 260–265.

The Prognosis of Siberian Taiga Geosystems Changes Based on the Theory of their Organization Structure

V. A. Snytko, T. I. Konovalova

Abstract. Analysis of geosystems for the solution of prognosis issues. The article considers the basic mechanisms of the geosystems, especially their manifestations and transformation.

Keywords: geosystem, organization, transformation, predict.

Снытко Валериан Афанасьевич
доктор географических наук, профессор,
чл.-кор. РАН, главный научный сотрудник
Институт географии им. В. Б. Сочавы
СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1
тел.: (3952) 42-69-20

Snytko Valerian Afanasievich
Doctor of Sciences (Geography),
Professor, Corresponding Member of RAS,
Chief Research Scientist
V. B. Sochava Institute of Geography
SB RAS
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 42-69-20

Коновалова Татьяна Ивановна
доктор географических наук, профессор
ведущий научный сотрудник
Институт географии им. В. Б. Сочавы
СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1
тел.: (3952) 42-69-20
Иркутский государственный университет
664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952) 52-10-95

Konovalova Tatiana Ivanovna
Doctor of Science (Geography), Professor,
Leading Research Scientist
V. B. Sochava Institute of Geography
SB RAS
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 42-69-20
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003
tel.: (3952) 52-10-95