

## **АНАЛИЗ ГЕОСИСТЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОГНОЗНЫХ ВОПРОСОВ**

*Ключевые слова:* геосистема, организация, преобразование, прогнозирование

**Введение.** Решение проблем оценки и прогноза изменений окружающей 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 т.ч. и деятельность человека в зависимости от своей организации.

Важность современного познания организации геосистем, закономерностей их формирования, изменений под влиянием природных и антропогенных факторов подчеркивается необходимостью создания государственной, а в будущем международной ландшафтной службы, без которой невозможен своевременный прогноз неблагоприятных явлений [5].

Основная задача исследований заключается в формировании представлений об организации геосистем как основы решения прогнозных вопросов.

Методология исследований организации геосистем базируется на синтезе знаний о природе, а не просто детальном анализе отдельных компонентов и процессов. В системе общенаучных знаний решение этой задачи связано с реализацией современного синергетического подхода, в области физической географии - с дальнейшим развитием теории геосистем академика В. Б. Сочавы. Исследования организации геосистем базируется 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» [16, с. 292]. Ландшафтное прогнозирование является дальнейшим развитием теории динамики и эволюции геосистем В. Б. Сочавы [7].

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 ее потенциальные естественные свойства, особенно те, которые несут большую прогностическую информацию, внутренние переменные свойства геосистем, структуру и динамику природных комплексов, их устойчивость, возможность трансформации под действием внешних факторов, этапы развития геосистем региона. При изучении потенциальные свойства 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 и динамике, изучая которые можно экстраполировать устойчивые элементы структуры и тенденции развития на прогнозируемый отрезок времени. Знание этапа развития системы существенно для прогноза. Так, наибольшее воздействие система испытывает на этапе возникновения, когда связи между элементами системы еще неустойчивы и система наиболее уязвима, и на этапе преобразования системы, когда связи в ней ослабевают из-за растущих противоречий.

Интегральным фактором изменения компонентов геосистемы служит геосистема в целом, в структуре, которой, с одной стороны, реализуются фоновые воздействия геосистемы вышестоящего уровня, а с другой – закономерности строения и развития определенной подсистемы или данного компонента. При этом динамика компонента соответствует структуре геосистемы, в которую он входит, что является одним из ведущих критериев

построения геосистемы как динамической целостности. Наиболее простую структуру динамический процесс имеет в границах геомера [16; 8].

Свойства геохор определяются их геомерным составом, поэтому изменения геохор складываются из изменения геомеров. В этой связи можно рассматривать геомеры как ареалы географических систем разных видов, в границах которых протекают определенные географические процессы. 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, с одной стороны, и пространственной дифференциацией геосистемы – с другой – основные аспекты изучения переменных состояний геосистем [8].

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 [17]. Вместе с тем, биогенные ритмы, особенно в системах с господством многолетних жизненных форм, являются мощным источником смен. Становление или изменение уже сформировавшихся систем 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 рассматривались в качестве реакции геосистемы на изменение природной среды, а также на характер и интенсивность воздействия на нее антропогенных факторов. В то же время их считали формой разрешения ряда внутренних противоречий, проявляющихся в процессе развития различных компонентов геосистем. Производные модификации представлялись 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, определялись ряды ее трансформации. Отмечалось [16], что любая геосистемная единица существует в системе функциональных и других отношений со своими окрестностями, т.е. в составе определенной геохоры. В изменчивости и стабильности геосистемы отражаются горизонтальные связи с внешним окружением, функциональная роль в геохоре. Особенно существенно это при рассмотрении единиц топологической размерности, т.к. 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 [15]. 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 [15; 12]. 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 выделы фации удерживает за собой определенную территорию. Долговечностью при спонтанной динамике отличаются коренные геомеры. Наряду с этим серийные биогеоценозы недолговечны, хотя и относятся к серийным фациям, имеющим большой возраст. Геосистемы планетарной размерности имеют наибольший возраст, топогеосистемы – наименьшую продолжительность существования, а региональные занимают в этом отношении промежуточное положение. Благодаря этому наибольшим изменениям (по скорости протекания и амплитуде проявления) подвержены геосистемы топологического уровня.

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, определяя ее самостоятельность как структурно-функционального и естественноисторического образования [6]. Многократное «преломление» входящих извне импульсов внутрисистемными взаимосвязями создают 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  $10^{\circ}$ ) с севера на юг измеряется величинами порядка  $70-90^{\circ}$  на 100 км. В то же время в пределах одного склона в местности с умеренно расчлененным рельефом этот градиент достигает  $50^{\circ}$  на 100 м. [8]. 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 геосистем.

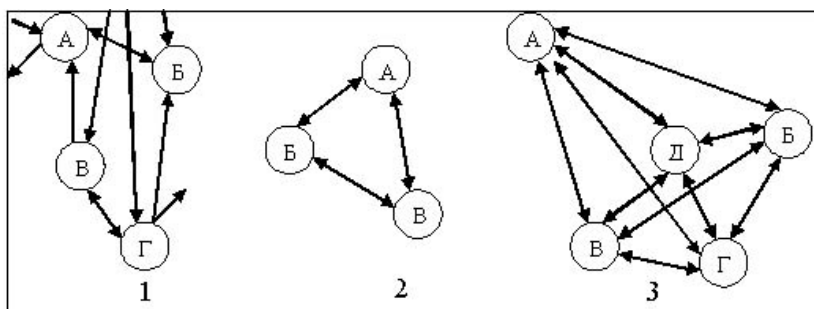
Для геомеров и геохор условия соподчинения задаются физико-географическими характеристиками, присущими узловым геосистемам – высшим таксонам планетарного, регионального и топологического уровня размерности (свита типов ландшафтов/геомер – физико-географический пояс/геохора, классы геомов – физико-географическая область, геомы – ландшафт). Значения их «управляющих параметров» являются основными при определении 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 [13] происходило в конце позднего плейстоцена, а, начиная 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 [9, с. с. 120], который отмечал: «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 завладения страной бором 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).

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.



**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 многокоренные типы).

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

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 [20] 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 [16].

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 (рис. 2).

К примеру, для юга Средней Сибири, расположенного во внутриконтинентальном секторе внутритропического пояса, основные динамические проявления обусловлены распределением тепла и влаги. Наиболее опасно совпадение периодов усиления процессов аридизации с однонаправленным эффектом антропогенного воздействия.

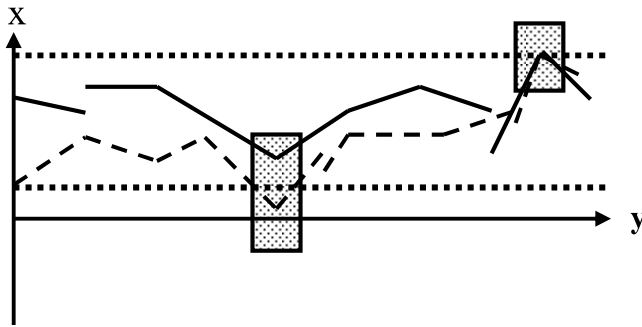




Рис. 2 – Иллюстрация возможностей качественных изменений системы  
 ....степени свободы;  - процессы;  - экстремальные отклонения от нормы

Согласно материалам [9, 18] 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, 4, 14]. Позже отмечалось [3], что для всего пространства между Енисеем, Нижней Тунгусской, Байкальским хребтом и лесостепной полосой характерно развитие темнохвойной тайги на водоразделах. По его мнению, все водоразделы были покрыты кедрово-пихтовой тайгой с той или иной примесью ели и лиственницы, но 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 рр. 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.

Проявления всех механизмов организации геосистем дает возможность дифференцировать геосистемы регионов на три основных типа (I-III) и их подтипы (1-5): I – саморазвитие: 1 – совершенствование взаимосвязей; 2 – сохранение и восстановление геосистемы без изменения ее свойств и цели; II – поддержание организации: 3 – замена старых подсистем на новые; 4 – изменение внутренних взаимосвязей; III – самозарождение: 5 – генерация двух геосистем; 6 – разрушение и формирование новых взаимосвязей.

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. Предварительный отчет о ботанических исследованиях в Сибири и Туркестане в 1910 году / Г. А. Боровиков. – СПб. : Изд. Переселенческого управления, 1911. – С. 43-53.
2. *Боровиков Г. А.* Очерк растительности Восточного Заангарья. - Труды почвенно-ботанических экспедиций по исследованию колонизационных районов Азиатской России. – Ч. II. – Ботанические исследования 1909 года / Г. А. Боровиков. – СПб., 1912. – 93 с.
3. *Васильев Я. Я.* Леса и лесовозобновление в районах Братска, Илимска и Усть-Кута / Я. Я. Васильев // Труды СОПС АН СССР. Сер. Сиб. – Ч. I, Вып. 2. – Л., 1933. – 111 с.
4. *Ганешин С.С.* Растительность Ангаро-Илимского края Иркутской губернии / С.С. Ганешин // Труды почвенно-ботанических экспедиций по исследованию колонизационных районов Азиатской России. – Ч. II. – Ботанические исследования 1909 года. - СПб., 1912. – 154 с.
5. *Геопространственные системы: структура, динамика, взаимосвязи* // Труды XII съезда Русского географического общества.– Т.2.– СПб., 2005.–264 с.
6. *Григорьев А.А.* Закономерности строения и развития географической среды / А.А. Григорьев // Избранные теоретические работы. – М.: Наука, 1966. – 382 с.
7. *Исаченко А. Г.* Теория и методология географической науки / А. Г. Исаченко. – М. : АРАДЕМА, 2004. – 340 с.
- 8.

*Крауклис А. А.* Проблемы экспериментального ландшафтоведения / А. А. Крауклис. – Новосибирск : Наука, 1979. – 232 с. **9.** *Криштофович А. Н.* Очерк растительности Око-Ангарского края (Иркутской губернии) / А. Н. Криштофович // Труды почвенно-ботанических экспедиций по исследованию колонизационных районов Азиатской России. - Ч. II. – Ботанические исследования 1910 г. - Вып. 3. – СПб, 1913. – С. 4-184. **12.** *Нееф Э.* Теоретические основы ландшафтоведения / Э. Нееф. – М. : Прогресс, 1974. – 220 с. **13.** *Нейштадт М. И.* К палеографии территории СССР в голоцене/ М.И. Нейштадт // Известия АН. Сер. Геогр. – 1955. – № 5. – С. 32-38. **14.** *Райкин А. Я.* Ангаро-Илим-Ленский район Иркутской губернии / А. Я. Райкин // Предварительный отчет об организации и исполнении работ по исследованию почв Азиатской России в 1911 году. – СПб. : Изд-во Переселенческого управления, 1912. – С. 79-85. **15.** *Сочава В. Б.* К теории классификации геосистем с наземной жизнью / В. Б. Сочава // Докл. Ин-та геогр. Сибири и Дальнего Востока. – 1972. – Вып. 34. – С.3-14. **16.** *Сочава В. Б.* Введение в учение о геосистемах / В. Б. Сочава. – Новосибирск : Наука, 1978. – 320 с. **17.** *Сочава В. Б.* Растительный покров на тематических картах / В. Б. Сочава. – Новосибирск : Наука, 1979. – 189 с. **18.** *Томин М. П.* Экспедиция в Верхоленском и Балаганском уездах / М. П. Томин // Предварительный отчет о ботанических исследованиях в Сибири и Туркестане в 1908 году. - СПб.: Изд. Переселенческого управления, 1909. – С. 84-89. **20.** *Эшби У. Р.* Введение в кибернетику / У. Р. Эшби. – М. : ИЛ, 1959. – 544 с.

***Снитко В. А., Коновалова Т. І.* Аналіз геосистем для вирішення прогностичних питань.**

У статті розглянуто головні механізми організації та перетворення геосистем.

*Ключові слова:* геосистема, організація, перетворення, прогнозування.

***Snytko V. A., Konovalova T. I.* 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, prediction

***Снитко В. А., Коновалова Т. І.* Анализ геосистем для решения прогностических вопросов.**

В статье рассмотрены основные механизмы организации и преобразования геосистем.

*Ключевые слова:* геосистема, организация, преобразование, прогнозирование.

*Надійшла до редколегії 22.05.2013*