

УДК 913 (470.12): 910.27

ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

С.И. Биденко, А.В. Зиновьев, С.В. Травин, П.Н. Кравченко

Тверской государственной университет, Тверь

Рассмотрены вопросы моделирования экологической обстановки в регионе с помощью традиционных геопространственных представлений. Показано, что экологический каркас территории является наиболее приемлемой моделью геоэкологической ситуации в регионе. Геоэкологический каркас региона по сути своей является базисом экологического пространства территории. Целостность и функциональная полнота экологического базиса территории требуют включения в его состав такой компоненты, как инверсный узел базиса. Особенности природы и социума реального региона детерминируют состав экологического базиса территории. Приведены содержательные примеры узлов, буферных зон и транзитных коридоров.

Ключевые слова: *геоэкологическое пространство, отношения экологической содержательной упорядоченности, экологический каркас региона, базис геоэкопространства, ключевые территории, буферные зоны, транзитные коридоры, инверсный узел, локальные геоэкообъекты.*

Введение. Экологические процессы, как и любые другие геопространственные явления, характеризуются широким территориальным охватом и сложным содержательно-смысловым описанием (Биденко и др., 2003, 2004а). Требуется обработка больших объемов разнородной геопространственной информации для формирования и отображения данных территориальной экологической ситуации (Биденко и др., 2004б). Геопространственное моделирование экологической обстановки в регионе предполагает определение множества объектов, составляющих пространство функциональной активности анализируемой геосреды, а также введение отношений пространственной и содержательной упорядоченности над этими объектами (Биденко, Якушев, 2014).

Подходы. Существует множество подходов к территориальному структурированию геоэкологического пространства региона (Панамарев, Биденко, 2011; Кравченко и др., 2014; Панамарева, Биденко, 2014). Это выделение различных опасных или благоприятных зон, ареалов и факторов, природно-техногенных комплексов, эколандшафтов, районирование территории, построение территориальных распределений аналитических и синтетических оценок пространственных явлений и др. (Панамарев, Биденко, 2011;

Чурилов и др., 2012; Травин и др., 2013; Kostianoy et al., 2014). Наиболее адекватной геоэкопространственной структурой является экологический каркас региона, т.к. в нем в той или иной мере соединяются все вышеперечисленные подходы (Биденко и др., 2003; Биденко, Якушев, 2014; Панамарев, Биденко, 2014). Кроме того, эта геопространственная конструкция в наибольшей степени ориентирована на задачи экологических оценок, прогнозирования и выработки территориальных и содержательных экологических рекомендаций (Биденко и др., 2003; Кравченко и др., 2014; Панамарева, Биденко, 2011).

Обсуждение. Несмотря на определенную специфику указанных подходов, можно выделить ряд общих положений при структурировании геоэкопространства региона.

Во-первых, определяются некие общие топологические конструкции пространства – точки, линии, площади, поверхности объемы и т.д.

Во-вторых, эти объекты с учетом их собственных пространственных характеристик и содержательных признаков агрегируются в универсальные территориальные структуры геообъектов, георегионов и геосистем (Биденко и др., 2003, 2004а, б; Панамарева, Биденко, 2011; Биденко, Якушев, 2014). Причем под геообъектом (ГО) подразумевается точка или область геопространства, имеющая определенное положение и протяженность относительно земной поверхности (ЗП), обладающая собственным содержательным пространством атрибутов. Для характеристики геообъекта вводятся понятия его собственного пространства и содержания. То есть основными параметрами ГО являются его собственное физическое пространство (положение, конфигурация, форма) и совокупность (пространство) его атрибутов (признаков). Георегионом (ГР) обозначается территориальная (пространственная) структура однородных ГО, связанных отношением пространственной упорядоченности (плотность, распределение, ориентация, связность и др.). Примеры ГР – лесопосадки, сельхозугодия, поля отдельных льдин. Геосистема (ГС) же – это территориальная (пространственная) структура разнородных ГО или ГР, связанных отношением содержательной упорядоченности (иерархические, организационные, функциональные, и др.). Пример ГС – территориально-производственный комплекс – совокупность объектов природы, экономики, инфраструктуры.

Структурирующими отношениями на множестве ГО, ГР и ГС являются две группы детерминирующих регуляторов: (а) отношения пространственной упорядоченности, детерминирующие собственное пространство отдельных геообъектов, георегионов и геосистем, а также

пространство территориальной активности в целом, – отношения: положения, расположения, перемещения, распространения, близости, соседства, граничности, включения, вложенности и т.д.; (б) отношения содержательной упорядоченности: классификационные, оценочные, содержательно-описательные, регулятивные, контрольные, иерархические, функциональные, алгоритмические и т.п.

В третьих, над геопространственными объектами вводятся определенные специфические экологические отношения: влияния, взаимодействия, перемешивания, диффузии, перемещения, переноса, втекания, вытекания, протекания, порождения, обусловливания, расположения, содержания, обитания, следования, сохранения, охранения, загрязнения, очищения, фильтрования, сорбирования, сублимирования, размывания, вымывания, удержания и т.д. (Биденко и др., 2003; Биденко, Якушев, 2014; Кравченко и др., 2014).

Как было сказано выше, наиболее подходящей геопространственной структурой для задач экорегионалистики является геоэкологический каркас или базис территории (ЭБТ). Он включает (по нему как по базису линейного пространства раскладываются) все основные компоненты экологической обстановки региона – опасные объекты, защитные зоны, коридоры миграции, охраняемые территории, обособленные урбанистические образования и т.д.

Базис включает общие топологические конструкции: (а) площадные элементы – территориальные районы, полигоны, ареалы, зоны и др. различные области; (б) линейные элементы (не линии-границы площадных объектов) – вытянутые по территории кривые или прямые линии определенной ширины – некие коридоры, проходы или пути перемещения по реальной Земле; (в) точечные элементы – геоэкологические объекты, отображаемые точкой в масштабе конкретного геоизображения (карты), или объекты геоэкопространства, чье собственное пространство является точкой (описывается координатами точки геопространства); (г) буферные зоны – классические с точки зрения теоретической и прикладной геоинформатики буферы точечных, линейных или площадных объектов (Биденко и др., 2004б; Биденко, Якушев, 2004). Под буфером понимается полигон с границей на определенном удалении от точки, линии или области.

С точки зрения топологии собственного пространства буферных зон различают разновидности защитных (карантинных, барьерных) территорий в зависимости от способа установления величины (поперечного по отношению к границе) размера буфера различают: (1) произвольный буфер – зоны устанавливаются лишь предположительно; (2) мотивированный буфер – он устанавливается на априорном знании его размеров в зависимости от используемого функционального

расстояния (учитывает импедансные (абсолютные барьеры) или фрикционные (сопротивление, «трение») свойства территории); (3) измеримый буфер – основан на мерах взаимной видимости, функционального расстояния, принятой пространственной меры; (4) нормативный – устанавливается в соответствии с законодательством и другими нормативными актами (зоны отвода, отчуждения, санитарные кордоны и т. д.).

В ряде случаев буфер может выражать понятие большее, чем только отмеренное расстояние от границы двумерного объекта. Он может быть связан и даже управляться присутствием поверхностей трения, рельефа, барьеров и т.д. Независимо от типа допускается варьирование ширины буфера вдоль линейного объекта или по сторонам полигона.

Основная проблема буферов состоит в том, что они требуют больше тематической априорной или оперативной геопропространственной информации о взаимодействии элементов ландшафта, чем имеется. Необходимо пытаться преодолеть это препятствие поиском всех возможных знаний о каждой территориальной ситуации. Чем больше тематических знаний о содержательной сущности территориальной обстановки, тем более надежно решение о выборе ширины буфера. Если такой информации недостаточно, рекомендуется выбор буфера делать с определенным запасом.

Пространственно-содержательная интерпретация экологического базиса региона определяет функционально полный набор компонентов каркаса: (а) базовые (узловые) объекты экологической обстановки региона – то, что и составляет содержательную суть системы обеспечения и охраны биоразнообразия территории; (б) различные охранные, буферные, рекреационные и защитные зоны; (в) территориальные связи между базовыми элементами экосети.

Следует отметить, что традиционно к узлам экологического базиса причисляют природные территории, наиболее важные для сохранения естественного видового и экосистемного биологического разнообразия, участки, имеющие самостоятельную природоохранную ценность, территории (объекты) с наиболее высокой природоохранной ценностью (Биденко, Якушев, 2014; Кравченко и др., 2014). Это – экологические объекты, улучшающие или консервирующие среду обитания, экоэлементы со знаком «плюс».

Однако, если рассматривать реальную экологическую ситуацию в реальном регионе экономической или иной функциональной активности, наверняка обнаружатся объекты (комплексы, системы), которые, наоборот, наносят вред экологической обстановке (загрязняют окружающую среду, сокращают биоразнообразие региона). Это некие

экологические субъекты со знаком «минус» (в экологическом отношении).

Базис экопространства должен представлять или отображать все разнообразие объектов реальной системы территориальной активности, как ее положительный экологический спектр, так и ее отрицательный антипод. Иначе базис не сможет быть линейно независимым. Для обеспечения функциональной полноты базиса экопространства сеть его элементов должна быть дополнена неким анти- или инверсным экоузлом. В этом случае становится очевидной целесообразность такой категории региональной экоситуации, как буферная или охранная зона. В противном случае она (зона) будет защищать одни позитивные в экологическом отношении геообъекты от других, точно таких же положительных.

Инверсной территорией может выступать и «здоровая» природная экосистема по отношению к антропогенным объектам территориальной инфраструктуры (здания, строения, коммуникации – авто-, ж/д-трассы, трубопроводы, каналы), когда длительное воздействие естественных факторов живой природы (климат, воды суши, растительность) приводят к деградации рукотворных творений человека. Косвенно наличие инверсных экообъектов предполагает категория «рекультивируемая территория». Она занимает промежуточное положение между узлом и инверсным узлом базиса. До начала рекультивации – это объект со знаком «-» на шкале экологической оценки, после ее проведения – со знаком «+».

Введение понятия инверсного узла (объекта, территории) не снимает вопроса дальнейшего уточнения категории классического ядра, как элемента территориального экобазиса. Ядра (узлы, ключевые территории, сердцевинные резерваты, заповедные ядра, центральные зоны) – территории с наиболее высокой природоохранной ценностью (максимальным биоразнообразием, высокой степенью эндемизма, концентрацией ключевых биотопов или редких видов, размещением ядер их популяций и т.д.). Эти крупноареальные элементы региона – базовые резерваты, территории, которые имеют полный набор биотических и абиотических условий, сообществ и экосистем. Они составляют содержательную основу эколандшафта, вокруг которой строятся другие обеспечивающие экотерриториальные конструкции (транзитные элементы, защитные буферные зоны, объекты рекультивации и т.д.). Они включают заповедники, заказники, национальные и природные парки, леса, крупные по площади памятники природы, др. значительные территории с особым режимом использования. Более всего способны исполнять роль узлов экологического каркаса особо охраняемые природные территории (ООПТ), территории особого порядка землепользования (ТОПЗ) (Тюсов

и др., 2011-2013, 2014). Ядра (ключевые территории) обеспечивают оптимальное количество и качество экологического пространства, сохранение природных комплексов, поддержание разнообразия местообитаний и видов, создание условий для рекреации в регионе.

Состав экобазиса может быть дополнен и расширен с учетом природных особенностей и антропогенной освоенности региона за счет экологически значимых природных комплексов, составляющих естественный каркас и не охваченных существующей сетью охраняемых территорий. Также в состав экологического каркаса включают (с целью их восстановления) различные виды нарушенных земель, составляющих его реставрационный фонд. Сюда же должны быть включены локальные (местные) объекты, которые позволяют сохранить отдельные уникальные природные образования. Это – территориальные образования различного назначения – ландшафтные, геологические, ботанические, зоологические, орнитологические и др., призванные обеспечивать сохранение и воспроизводство биологического разнообразия региона (функция рефугиума). Типичными представителями локальных узлов являются лесопарки урбанизированных территорий, небольшие участки леса среди пашен (являются зонами покоя, обеспечивают размножение птиц, зайцев, лис и других мелких животных), пруды, болотные угодья, являющиеся местами отдыха перелетных птиц.

Множество рассмотренных ключевых элементов базиса территории формирует пространственную основу экологичности состояния и функционирования природно-социальной среды региона. Однако, эти базовые компоненты постоянно подвергаются деструктивному воздействию агрессивных факторов окружающей среды и техногенной активности социума. Устойчивость экобазиса в этих условиях, его целостность и связность обеспечиваются экологическими коридорами и буферными зонами региона.

Буферные представляют собой территории особого регулирования, призванные нивелировать внешние негативные воздействия на ядра (ключевые территории) и экологические коридоры (транзитные зоны). Кроме ослабления краевых эффектов, они защищают территорию ядра от деятельности человека, которая достаточно интенсивна именно около границ ядер. Одна из основных функций буферных зон – это обеспечение дополнительными местообитаниями коренных видов, населяющих ключевые территории. В базис экопространства буферные зоны входят в основном в виде полос и включают в себя охранные зоны ООПТ, ландшафты, лежащие непосредственно на водоразделах и несущие функцию сохранения энергетической целостности водосбора. Буферы защищают ключевые и транзитные территории от неблагоприятных внешних воздействий. В

качестве буферных зон выделяются лесные массивы с щадящим режимом лесопользования, водораздельные возвышенности, сельские леса, продуктивные пастбища и луга, и пр.

Многофункциональные буферные (переходные) территории (зоны, экологические защитные районы) создают условия для защиты узловых районов и а также обеспечивают восстановления природных и биологических ресурсов региона.

Наиболее сложным в топологическом и содержательном отношении, а также с точки зрения территориальной динамики, элементом каркаса являются транзитные территории – линейные участки, благодаря которым осуществляются экологические связи между ядрами (узлами) базиса. Экологические коридоры (миграционные, биологические трассы) представляют коммуникационные связки между ядрами и/или другими элементами экопространства, состоящие из биотопов, пригодных для перемещения биологических видов, обитающих в узловых ООПТ. Приоритетным назначением таких связок является предотвращение фрагментации местообитаний, обеспечение миграций, увеличение обитаемой площади и сезонных передвижений диких животных, а также обмен генофондом между ядрами.

Транзитные экологические коридоры связывают узлы экопространства в единую геодинамическую систему и являются основными магистралями (коммуникациями) обмена биотой между соседними и удаленными ядрами каркаса. Это могут быть не препятствующие экологическим связям обширные участки связующего ландшафта или его линейные элементы (долины рек, вереницы озер и т. п.). Следует иметь в виду, что транзитные территории обеспечивают взаимодействие фрагментированных территорий или групп топографически (территориально, пространственно) разделенных участков (например, мест остановки мигрирующих птиц) и формируют устойчивые экологические, генетические, популяционные, миграционные и геохимические связи. Они реализуют связь между резерватами, обеспечивают перемещение подвижных компонентов живой природы вдоль русел и пойм, линейно выраженных антропогенных коммуникаций – автострад, железных дорог.

Адекватно выполняют функцию коридоров узкие массивы водоохранных лесов, сохранившиеся участки естественной растительности (древесной и кустарниковой), искусственные лесные защитные полосы, русловые комплексы и поймы крупных рек, долины малых рек и водотоков, полосные леса на водоразделах, озелененные коридоры транспортной и инженерно-технической инфраструктуры, защитные лесопосадки. Режим этих территорий часто регулируется

законами и отраслевыми природоохранными нормативными документами.

Коммуникации играют для функционирования каркаса не менее важную роль, чем узлы, т.к. являются миграционными путями и поддерживают в равновесии биоразнообразие в отдельных элементах сети. Естественными экологическими коридорами являются современные и реликтовые долины рек, карьеры, лесные ленты по лощинам различного генезиса, логам, водоохранные леса, защитные леса линии водозабора, ЛЭП, газо- и нефтепроводов, других линейных объектов. Водно-болотные угодья и озера, система перелесков среди пашни объединяются в миграционные цепочки, используемые для отдыха перелетных птиц, миграции лосей, косуль и других животных. Система транзитных коридоров должна обеспечивать миграцию животных во всех направлениях и предусматривать переходы через автомобильные дороги, возможность обхода населенных пунктов.

Экокоридоры могут проходить между территориями, в значительной степени, нарушенными антропогенной деятельностью. Они могут включать зоны свободного транзита, ограниченные переходы (диких животных), области диффузного проникновения (фауны). Значение конкретных экологических коридоров и переходов может меняться в зависимости от состояния экологической сети региона. Режим хозяйственного использования отнесенных к экологическим коридорам угодий должен включать ряд особых ограничений (в дополнение к указанным для территорий экологического базиса): нежелательны любые вырубki, кроме выборочных санитарных; в случае вынужденного проведения сплошных санитарных рубок (после полного распада древостоя), необходимы лесопосадки на всей площади вырубki; нежелательно проведение любых коммуникаций (особенно поперек экологических коридоров); нежелательно проведение любых работ сопряженных с повышенным шумовым загрязнением; недопустимо проведение облавных и других коллективных охот, особенно в осенний и весенний периоды; недопустимо любое строительство вблизи ограниченных переходов, возведение любых изгородей и других искусственных препятствий.

Заключение. Общие подходы к структурированию геопространства могут быть распространены на моделирование экологической ситуации в регионе. Отношения экологической содержательной упорядоченности требуют дальнейшей разработки, детализации, конкретизации, уточнения и систематизации. Наиболее приемлемым формализмом структурирования геоэкологической обстановки региона является модель экологического каркаса или базиса территории. Экологический каркас территории в широком смысле

может трактоваться как базис геоэкопространства. Целостность геоэкологического базиса региона требует введение в его компонентный состав наряду с ключевыми территориями их alter ego – инверсных узлов. Состав элементов базиса экопространства варьируется в зависимости от особенностей конкретной территории.

Список литературы

- Биденко С.И., Комарицын А.А., Яшин А.И.* 2004а. Геоинформационная система поддержки принятия решений. СПб: Изд-во СПбГЭТУ. 132 с.
- Биденко С.И., Лямов Г.В., Яшин А.И.* 2004б. Геоинформационные технологии: Учебное пособие. Петродворец: Изд-во ВМИРЭ. 272 с.
- Биденко С.И., Якушев Д.И.* 2014. Геоинформационные управляющие системы и технологии. СПб: Изд-во СПбУ МВД. 248 с.
- Кравченко П.Н., Сорокин А.С., Биденко С.И., Тюсов А.В., Пушай Е.С., Кириллова Т.М.* 2014. Формирование экологической сети как основа сохранения ландшафтного и биологического разнообразия Тверской области // «Зеленый журнал – Бюллетень Ботанического сада Тверского государственного университета» = «Green Journal – Bulletin of the Botanical Garden of Tver State University» [Электронный ресурс]: научный журнал. URL:http://garden.tversu.ru/documents/zeleniy_jurnal/vipuski/zeleniy_jurnal_1_ru.pdf. Дата обращения 01.02.2015 г. Тверь: Изд-во ТвГУ. №1. С. 65-72.
- Панамарев Г.Е., Биденко С.И.* 2011. Геоинформационная поддержка управления сложными территориальными объектами и системами. Новороссийск: Изд-во МГА. 202 с.
- Панамарева О.Н., Биденко С.И.* 2014. Геоинформационные средства поддержки управления сложными территориальными экономическими транспортными системами // Вестник Тверского государственного университета. Серия: Экономика и управление. № 4. С. 138-153.
- Травин С.В., Биденко С.И., Солнцев В.В.* 2013. Информационная поддержка технической готовности морских средств навигации в условиях перехода к новому облику ВС РФ // Навигация и океанография. № 2. С. 1-17.
- Тюсов А.В., Пушай Е.С., Сорокин А.С., Зиновьев А.В.* 2011-2013. Территории особого природоохранного значения Тверской области // Изумрудная книга Российской Федерации. Территории особого природоохранного значения Европейской России. Предложения по выявлению. М.: Институт географии РАН. С. 89-95.
- Тюсов А.В., Пушай Е.С., Сорокин А.С., Зиновьев А.В.* 2014. Верховья Западной Двины // Водно-болотные угодья особого природоохранного значения вдоль границ Беларуси, России и Украины. М.: Медиа-ПРЕСС. С. 30-37.
- Чурилов С.Н., Биденко С.И., Фисюренко В.А., Хекерт Е.В.* 2012. Моделирование морских воинских перевозок // Морской сборник. № 2. С. 34-38.
- Kostianoy A.G., Vignudelli S., Tang Dan Ling, Kravchenko P.* 2014. Joint COSPAR and WMO Capacity Building Workshop on Satellite Remote Sensing, Water Cycle and Climate Change // Space Research Today. V. 191. P. 99-102.

GEOSPATIAL APPEARANCE OF THE REGIONAL ECOLOGICAL SYSTEMS

S.I. Bidenko, A.V. Zinoviev, S.V. Travin, P.N. Kravchenko

Tver State University, Tver

Approaches to the modeling of the regional ecological conditions with an aid of the traditional geospace categories are described. The ecological framework of the region is the most appropriate model of the regional geoeological situation. The geoeological framework plays, in fact, the role of the basis for the regional ecological space. The integrity and the functional completeness of the regional ecological basis require the inclusion of the inverse basic node. The peculiarities of the nature and social life of the particular region determine the content of the mentioned ecological basis. The examples of the basic nodes, buffer zones and transit passages are given.

Keywords: *geospace, ecological ordering, regional ecological framework, basis of the geospace, key areas, buffer zones, transit passages, inverse node, local geoeoobjects.*

Об авторах:

БИДЕНКО Сергей Иванович – доктор технических наук, профессор, проректор по материально-техническому развитию, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: sibidenko@mail.ru

ЗИНОВЬЕВ Андрей Валерьевич – доктор биологических наук, заведующий кафедрой биологии, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: m000258@tversu.ru

ТРАВИН Сергей Викторович – соискатель ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: mtr@tversu.ru

КРАВЧЕНКО Павел Николаевич – ведущий инженер Экологического центра, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: linevo4@yandex.ru

Биденко С.И. Геопространственное представление территориальных экологических систем / С.И. Биденко, А.В. Зиновьев, С.В. Травин, П.Н. Кравченко // Вестн. ТвГУ. Сер.: Биология и экология. 2015. № 2. С. 144-153.