

*С.И. Биденко, М.Б. Шилин, И.А. Казьмин, С.В. Травин, П.Н. Кравченко,
А.В. Елсакова, Е.С. Курбатова, В.В. Солнцев, С.Н. Чурилов*

ГЕОПРОСТРАНСТВЕННОЕ СТРУКТУРИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ РЕГИОНА

*S.I. Bidenko, M.B. Shilin, I.A. Kazmin, S.V. Travin, P.N. Kravchenko,
A.V. Elsakova, E.S. Kurbatova, V.V. Solntsev, S.N. Churilov*

GEO-SPACIAL STRUCTURING OF ENVIRONMENTAL SITUATION IN THE REGION

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

Ключевые слова: геоэкопространство, экологическая ситуация, структурирование, экологический каркас региона, базис геоэкопространства, ключевые территории, буферные зоны, транзитные коридоры, инверсный узел, локальные геоэкообъекты.

General principles of the structuring of the geo-ecological space of the region are formulated. Types of protective (barrier) territories are proposed. Ecological framework of the territory is observed as a basis of the geo-ecological space.

Key words: geo-ecological space, environmental situation, structuring, ecological framework of region, basis of geo-ecological space, key territories, protective zones, transit corridors, inversion junction, local geo-objects.

Экологические процессы, как и любые другие геопространственные явления, характеризуются широким территориальным охватом и сложным содержательно-смысловым описанием [1, 2, 11, 12]. Требуется обработка больших объемов разнородной геопространственной информации для формирования и отображения данных территориальной экологической ситуации [3].

Геопространственное моделирование экологической обстановки в регионе требует определения множества объектов, составляющих пространство функциональной

активности анализируемой геосреды, а также введения отношений пространственной и содержательной упорядоченности над этими объектами [4, 13].

Существует множество подходов к территориальному структурированию геоэкологического пространства региона [5, 6, 7]. 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. [6, 8, 9, 10, 13]. Наиболее адекватной геоэкопространственной структурой является экологический каркас региона, так как в нем в той или иной мере соединяются все вышеперечисленные подходы [1, 5, 7], а также эта геопространственная конструкция в наибольшей степени ориентирована на задачи экологических оценок, прогнозирования и выработки территориальных и содержательных экологических рекомендаций [1, 5, 7].

Не смотря на определенную специфику указанных подходов, общим при структурировании геоэкопространства региона является следующее.

Первое. Определяются некие общие топологические конструкции пространства — точки, линии, площади, поверхности объемы и т.д.

Второе. Эти объекты с учетом их собственных пространственных характеристик и содержательных признаков агрегируются в универсальные территориальные структуры геообъектов, георегионов и геосистем [1—4, 6].

Геообъект (ГО) — это 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).

Георегион (ГР) — это территориальная (пространственная) структура однородных ГО, связанных отношением пространственной упорядоченности (плотность, распределение, ориентация, связность и др.). Примеры ГР — лесопосадки, сельхозугодья, поля отдельных льдин

Геосистема (ГС) — 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.

Третье. Над этими 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. [1, 4, 5].

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 следующие общие топологические конструкции геопространства:

- а) площадные элементы — территориальные районы, полигоны, ареалы, зоны и др. различные области (рис. 2);
- б) линейные элементы (не линии-границы площадных объектов) — вытянутые по территории кривые или прямые линии определенной ширины (рис. 1) — 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 [3, 4] буферы точечных, линейных или площадных объектов [3]. Буфер — это полигон, с границей на определенном удалении от точки, линии или области (рис. 1, 2).

С точки зрения топологии собственного пространства буферных зон различают следующие разновидности защитных (карантинных, барьерных) территорий в зависимости от способа установления величины (поперечного по отношению к границе) размера буфера различают:

- произвольный буфер — зоны устанавливаются лишь предположительно;
- 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);
- измеримый буфер — основан на мерах взаимной видимости, функционального расстояния, принятой пространственной меры;
- нормативный — устанавливается в соответствии с законодательством и другими нормативными актами (зоны отвода, отчуждения, санитарные кордоны и т.д.).

Однако 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.

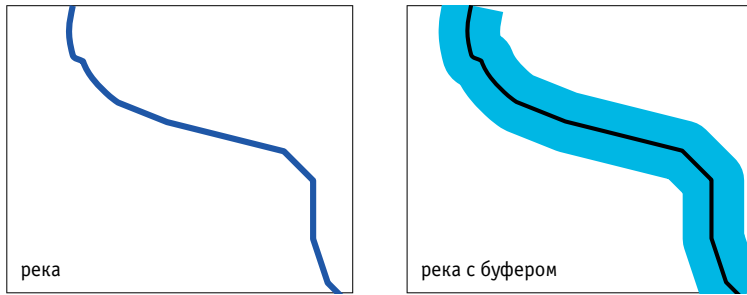


Рис. 1. Буфер линейного объекта:
река и ее буфер, заданный выбранным пользователем расстоянием

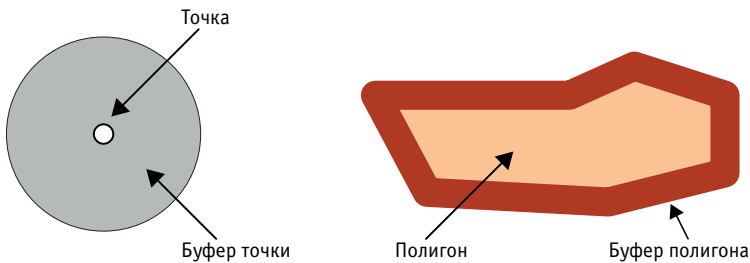


Рис. 2. Буферы точечных и площадных геообъектов

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 геопространственной 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 следующий 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 [4, 5].

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).

Но 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 охранный зона. В противном случае она (это 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 « \rightarrow » 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.). Это 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.). Это заповедники, заказники, национальные и природные парки, леса, крупные по площади памятники природы, другие значительные территории с особым режимом использования. Более всего способны исполнять роль узлов экологического каркаса особо охраняемые природные территории (ООПТ), территории особого порядка землепользования (ТОПЗ). Ядра

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

Внутри ключевых территорий протекают природные процессы, стабилизирующие экологическую обстановку региона, они имеют самостоятельную природоохранную ценность.

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.

Здесь 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 зоны — 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 др.

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, так как 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.

Выводы

1. Общие подходы к структурированию геопространства могут быть распространены на моделирование экологической ситуации в регионе.
2. Отношения экологической содержательной упорядоченности требуют дальнейшей разработки, детализации, конкретизации, уточнения и систематизации.
3. Наиболее приемлемым формализмом структурирования геоэкологической обстановки региона является модель экологического каркаса или базиса территории.
4. Экологический каркас территории в широком смысле может трактоваться как базис геоэкопространства.
5. Целостность геоэкологического базиса региона требует введение в его компонентный состав наряду с ключевыми территориями их *alter ego* — инверсных узлов.
6. Состав элементов базиса экопространства варьируется в зависимости от особенностей конкретной территории.

Литература

1. Биденко С.И., Самотонин Д.Н., Яшин А.И. Геоинформационные модели и методы поддержки управления. — СПб.: изд. ФВУ ПВО, 2003. — 224 с.
2. Биденко С.И., Комарицын А.А., Яшин А.И. Геоинформационная система поддержки принятия решений. — СПб.: изд. СПбГЭТУ, 2004. — 132 с.
3. Биденко С.И., Лямов Г.В., Яшин А.И. Геоинформационные технологии. — Петродворец: изд. ВМИРЭ, 2004. — 272 с.
4. Биденко С.И., Якушев Д.И. Геоинформационные управляющие системы и технологии. — СПб.: изд. СПбУ МВД, 2014. — 248 с.
5. Кравченко П.Н., Сорокин А.С., Биденко С.И., Тюсов А.В., Пушай Е.С., Кириллова Т.М. Формирование экологической сети как основа сохранения ландшафтного и биологического разнообразия Тверской области. // «Зеленый журнал — Бюллетень Ботанического сада Тверского государственного университета», 2014, № 1, с. 65–72. — Электронный ресурс: [http://garden.tversu.ru/documents/zeleniy_jurnal/viruski/zeleniy_jurnal_1_ru.pdf] (дата обращения: 01.02.2015).
6. Панамарев Г.Е., Биденко С.И. Геоинформационная поддержка управления сложными территориальными объектами и системами. — Новороссийск: изд. МГА, 2011. — 202 с.
7. Kostianoy A.G., Vignudelli S., DanLing Tang, Kravchenko P. Joint COSPAR and WMO Capacity Building Workshop on Satellite Remote Sensing, Water Cycle and Climate Change, 20 July — 1 August 2014, Tver State University, Tver, Russia. // Space Research Today, 2014, vol. 191, pp. 99–102.

8. *Шилин М.Б., Имиенецкий С.П., Мартынов С.В.* Особенности прибрежных экосистем. // Инженерные изыскания, 2010, № 2, с. 42–46.
9. *Шилин М.Б.* Прибрежные природно-технические системы: принципы формирования, устойчивость, экологическая безопасность. // Дни Науки и Инноваций Санкт-Петербурга в Ямало-Ненецком Национальном округе. — Салехард, 2011, с. 55–65.
10. *Чусов А.Н., Шилин М.Б., Рябчук Д.В., Сергеев А.Ю., Тимошина А.В.* Использование намытой береговой территории в Невской губе для строительства Лахта-Центра. // Учёные записки РГГМУ, 2014, № 35, с. 156–164.
11. *Травин С.В., Биденко С.И., Солнцев В.В.* Информационная поддержка технической готовности морских средств навигации в условиях перехода к новому облику ВС РФ. // Навигация и океанография, 2013, № 2, с. 11–17.
12. *Чурилов С.Н., Биденко С.И., Фисюренко В.А., Хекерт Е.В.* Моделирование морских воинских перевозок. // Морской сборник, 2012, № 2, с. 34–38.
13. *Панамарева О.Н., Биденко С.И.* Геоинформационные средства поддержки управления сложными территориальными экономическими транспортными системами. // Вестник Тверского государственного университета, сер. Экономика и управление, 2014, № 4, с. 138–153.