

В.В. Дмитриев, В.А. Шелутко

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ПРИКЛАДНОЙ ЭКОЛОГИИ В СИСТЕМЕ НАУК О ЗЕМЛЕ

V.A. Shelutko, V.V. Dmitriev

METHODOLOGICAL ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF APPLIED ECOLOGICAL IN THE EARTH SCIENCES

Рассматриваются взгляды авторов на становление и развитие прикладной экологии; ее связь с науками о Земле, геоэкологией и социоэкологией. Приводятся основные определения, рассматриваются структурные единицы, объекты и предметы исследования, методы, задачи и перспективы развития.

Ключевые слова: прикладная экология, науки о Земле.

Discusses the authors' views on the formation and development of applied ecology; its relationship to the Earth Sciences, geoecologiej and socioecologiej. Some basic definitions are considered structural units, objects and subjects of research, methods, challenges and prospects for development.

Key words: applied ecology, Earth Science.

Развитие наук о Земле обуславливает появление устойчивого спроса на знания, рекомендации, практические разработки, которые обеспечивают не только достижение целей производства, но и минимизируют экономические и экологические ущербы, сохраняют приемлемые условия жизнедеятельности современного и будущих поколений людей. Обозначенные требования формируют современное мировоззрение лиц принимающих решения в области природо- и ресурсопользования и приводят к необходимости постоянно и повсеместно реализовывать на практике рациональное природопользование, режим продуманных экологических ограничений, обеспечивающих задачи сбалансированного (устойчивого, бескризисного) и экологически безопасного развития территорий. В настоящее время решением задач в области природопользования занимаются специалисты, которые работают в науках о Земле, экологии, геоэкологии, социальной экологии, геоинформатике. Это связано с совпадением частных объектов исследования этих наук с объектами решения конкретных научных задач [1, 13], рис. 1.

Целостное представление о закономерностях взаимодействия физико-географической среды (биоценозы и биотопы), населения, хозяйства в науках о Земле, в последние годы формируется в междисциплинарной «научной нише», называемой геоэкологией.

Основной дискуссией остается закрепление за геоэкологией статуса науки (междисциплинарного научного направления) или статуса междисциплинарной области исследования в науках о Земле, экологии и смежных науках. В современных прикладных эколого-географических исследованиях актуальной является разработка и апробация новых методов анализа информации и получения оценок, интегрально отражающих происходящие в социо-, урбо-, этно-, гео- и экосистемах изменения.

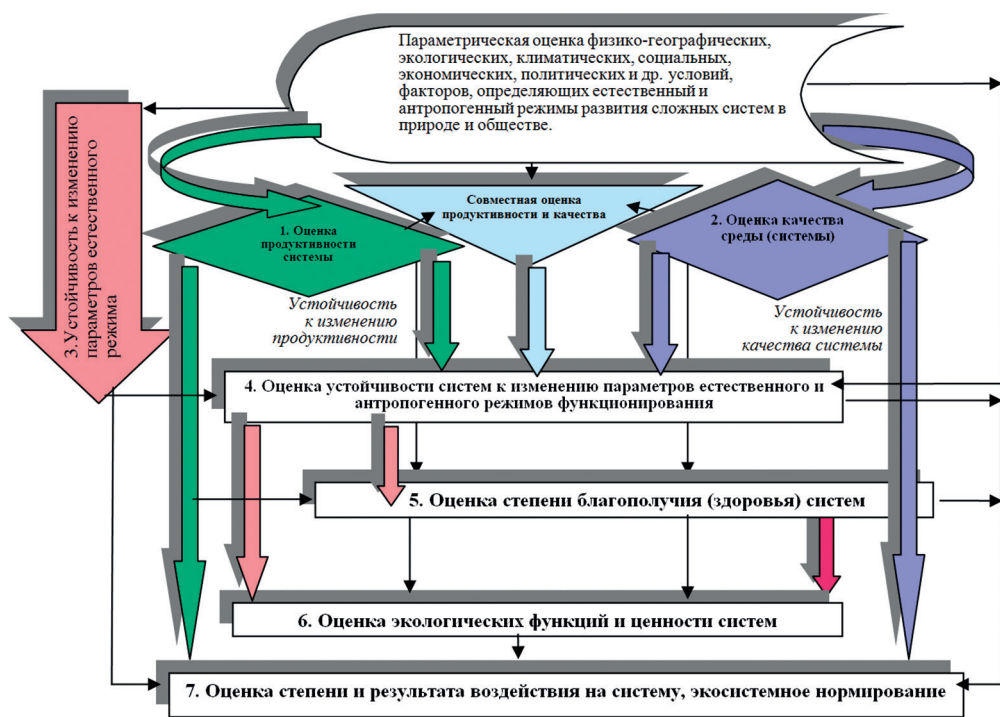


Рис. 1. Что подлежит оценке в современных эколого-географических исследованиях

Вызов времени связан с умением оценивать и прогнозировать развитие эко-, гео-, урба-, этно-, социосистем. Сложность их оценивания возрастает в указанном ряду слева направо. Прогнозирование состояний социосистем в целях устойчивого развития невозможно без разработки моделей их функционирования. Попытки уйти от создания моделей функционирования сложных систем в природе и обществе (устойчивого развития) и заменить их развитием индексологии устойчивого развития или моделями оценки рисков при описании природных и общественных трансформаций сопряжены с многими неизбежными потерями и просчетами.

Анализ методов оценки состояния систем и их свойств показывает, что в прикладной экологии в целом и в геоэкологии для этого чаще всего применяется покомпонентное (прямое и косвенное) и комплексное оценивание. Разрабатываются также многокритериальное и интегральное оценивание состояния сложных систем в природе и обществе. Первые три подхода являются преобладающими, но их применение, как правило, не решает проблему сравнимости полученных оценок и не учитывает эмерджентности систем и их интегративных свойств [4, 7, 8].

В программе развития российской науки в качестве одного из приоритетных направлений выделяется направление «Экология и природопользование». При разработке любой «стратегической концепции» необходимо помнить, что в ее основе должны лежать *научно обоснованные прогнозы* развития системы (государства, региона,

предприятия, вуза и т.д.). Планирование стратегии не есть создание перечня призывов (деклараций, приоритетов, регламентов). Создание стратегической концепции также не сводится к инвентаризации проблем и возможных путей их решения, — это поисковый прогноз. России нужны научно обоснованные *социально-экономические прогнозы* развития государства, в основе которых лежат сценарии (различные) развития регионов и государственной политики в области социально-экономического развития, науки и образования. Компоненты (критерии), которые должны быть заложены в прогнозные модели, сегодня названы. В их число входят: демографические критерии, зарплата, стипендия, пенсия, параметры материально-технической базы, инфраструктуры и т.п. Выбор сценариев и глубины прогнозирования зависит от развития страны, региона, планирования государственной политики в области образования, размеров межвузовского и международного сотрудничества, демографических и др. факторов. Получение таких прогнозов потребует времени и финансирования. В результате мы будем иметь количественные показатели-ориентиры, которые позволят оптимизировать развитие регионов, вузов и др. и снизить вероятность выбора ошибочной стратегии и траектории развития. Отказ от разработки научных прогнозов развития сложных систем в природе и обществе и отечественной наукометрической системы публикационной активности в образовательно-научной среде, чреват навязыванием зарубежных аналогов и традиций, которые, как показывают последние события в Европе могут отражать не «европейские» или «мировые» ценности, а желание отдельных государств (или групп политиков) создавать нестабильность в мире в угоду собственным корыстным интересам.

При этом в средствах массовой информации неоднократно отмечалось, что почти все приоритетные направления относятся к так называемой «прикладной» науке, фундаментальные же исследования объявлены приоритетом государства в целом. Комментируя подобные высказывания, уместно повторить известное выражение Л. Пастера о том, что «есть наука и ее приложения». Деление науки на «фундаментальную» и «прикладную» можно назвать традицией или жаргоном, принятым в обществе. Добавим к этому, что такой жаргон допустим, если признается, что в любом из направлений существует фундаментальная основа, результаты исследований направленные на решение практических проблем и инновация [13].

Результаты исследований направленные на решение практических проблем можно называть прикладными. Речь сегодня идет об адаптации классического фундаментального университетского образования в прикладное. Понятие инновация (нововведение) пришло на смену понятиям научно-технический прогресс, научно-технический проект. Инновация это первое применение совершенно нового продукта, технологии, услуги. Нет применения — нет инновации, нет потребителя — нет инновации. Тематические планы, проекты и предложения, заявляемые сегодня в грантах должны предусматривать коммерческое освоение новых разработок. Таким образом, они становятся инновационными, а значит современными. Акцент сегодняшнего дня — создание условий для инновационной деятельности, создание инновационной системы, инновационных центров, фондов, парков и т.п. [5, 6, 13].

Создание в 2000 г. в Российском государственном гидрометеорологическом университете на факультете экологии и физики природной среды кафедры Прикладной экологии замечательным образом предвосхитило ситуацию сегодняшнего дня.

Остановимся на обсуждении предмета, цели, специфических методов и перспектив развития структурной вузовской единицы с учетом высказанных выше замечаний.

Прикладная экология связана с различными подразделениями экологии: биоэкологией и учением о биосфере, геоэкологией, экологией человека, урбоэкологией и социальной экологией. Попытаемся выделить спектр прикладных направлений экологии на основе связи гидрометеорологических и экологических структурных единиц разных уровней иерархии и их условных «формул» (таблица).

Определения и «формулы» сложных систем в природе и обществе

<p>Экосистема</p>	<p>Фундаментальная структурная единица биосферы, объединяющая в себе живые организмы и их среду обитания в единое функциональное целое. Обладает определенной стабильностью, видовым разнообразием, трофической структурой и внутренним круговоротом веществ.</p> <p>Экосистема = биоценоз + биотоп (экотоп). В <i>биотопе</i> иногда выделяют <i>климатоп</i> (совокупность климатических факторов на данной территории), <i>эдафотоп</i> (биокосные составляющие почвы), <i>гидротоп</i> (гидрологические факторы среды). Ниже все они обозначены как «физико-географическая среда». По В.И. Вернадскому (1944) «биокосная система» — единая система, образуемая живыми организмами и средой их обитания.</p>
<p>Водная экосистема, Гидроэкосистема, Водосборно-бассейновая экосистема и др.</p>	<p>Фундаментальная структурная единица биосферы, объединяющая в себе живые организмы, живущие в воде и их среду обитания в единое функциональное целое. Обладает определенной стабильностью, видовым разнообразием, трофической структурой и внутренним круговоротом веществ.</p> <p>В данной группе представлены встречающиеся в литературе термины, в которые включен термин «экосистема» с прилагательным, подчеркивающим связь с водой. При этом часть исследователей (чаще биологи, экологи) акцентируют внимание на процессах, проходящих в водной среде с участием организмов, для которых вода является средой жизни (биоцентризм, экоцентризм). Другая часть (чаще географы, гидрологи) рассматривает системы «водоем-водосбор» и «водоток-водосбор» и процессы, протекающие в них. При этом акцентируются единство, целостность, интегративность данных систем (антропоцентризм, геоцентризм) и их связь с человеком (обществом). Например, Е.В. Логинова и др. (БГУ, 2011) изучение гидроэкологических вопросов водотоков и водоемов рассматривают в тесной связи с водосбором. «Водосбор — водоем (водоток)» представляют единую <i>гидроэкосистему</i>. «Гидроэкосистема» — понятие, отражающее целостность водоема или водотока, характеризующее взаимосвязь с водосбором, единство процессов, протекающих в них.</p> <p>В нашем понимании: Водная экосистема = водный биоценоз + водный биотоп (водная физико-географическая среда).</p>
<p>Геосистема, Геоэкосистема, Геосистема природного характера и др.</p>	<p>Определение геосистемы дал в 1963 г. акад. В.Б. Сочава. По этому определению, геосистема — особый класс управляемых систем; земное пространство всех размерностей, где отдельные компоненты находятся в системной связи друг с другом и как целостность взаимодействуют с космическим пространством и человеческим обществом. Это определение затем трансформировалось и переопределялось самим автором. Например, определение В.Б. Сочавы 1978 г. <i>Геосистема</i> — это природно-географические единства всех возможных категорий, от планетарной геосистемы (географической оболочки или географической среды в целом) до элементарной геосистемы (физико-географической фации).</p>

	<p>По Н.Ф. Реймерсу, 1990 г. <i>геосистема</i> — особого рода материальная система, состоящая из взаимообусловленных природных компонентов, взаимосвязанных в своем размещении и развивающихся во времени как части целого. Практически любые структурные физико-географические образования от фации до географической (ландшафтной) оболочки Земли. Термин близкий к экосистеме, но, по некоторым воззрениям как родовое понятие охватывает и образования типа ПТК, системы расселения и т.п. [12, с. 93].</p> <p>В «Экологическом энциклопедическом словаре» под ред. И.И. Дедю, 1990 г. [2, с. 68] <i>геосистема</i> определена как фундаментальная структурная единица географического ландшафта, объединяющая в себе, геоморфологические, климатические, гидрологические природные геокомпоненты и живые организмы на определенном участке поверхности Земли.</p> <p>Геоэкология изучает преимущественно функционирование антропогенно трансформированных геосистем высоких уровней иерархии.</p> <p>В нашем понимании: Геосистема = биоценоз(ы) + физико-географическая среда + население. В связи этим лишен смысла термин «общественная геосистема», поскольку «население» входит в понятие «геосистема».</p>
<p>Водная геосистема, Водная геоэко-система, Гидрологи-ческая геосистема и др.</p>	<p>Водная геосистема = водный биоценоз (водные биоценозы) + физико-географическая водная среда + население (как пользователь ресурсов водных объектов).</p> <p>Как и в случае с «экосистемой» существует два основных подхода в определении понятия <i>водная геосистема</i>. Например Д.В. Севастьянов (СПбГУ) в конце 1990-х гг. включал в <i>водную геосистему</i> водосбор. В.В. Дмитриев (2000) [8], используя определение И.И. Дедю, ввел понятие <i>водной геосистемы</i>, под которой понимал фундаментальную структурную единицу географического ландшафта, объединяющую в себе, геоморфологические, климатические, гидрологические природные геокомпоненты и живые организмы на определенном участке водной поверхности Земли. В связи с этим определением термин «гидрологическая геосистема» не имеет смысла.</p> <p>В состав водной геосистемы входят водные экосистемы, абиотическая среда которых характеризуется определенным сочетанием элементов гидрологического режима и химического состава вод, особой морфометрией (батиметрией) и климатическими параметрами. Особое место в водной геосистеме может занимать человек, как пользователь ее водных и биологических ресурсов. В то же время человек не является компонентом водной экосистемы, поскольку вода не является для него средой жизни. В.В. Дмитриев (2000), [8] также конкретизировал <i>транзитный, каскадный и циклический</i> типы водных геосистем, рассмотрел основные стадии системного анализа применительно к исследованию данных типов водных геосистем, сформулировал принцип слабого звена для <i>водной геосистемы</i>: нагрузка, допустимая для наиболее уязвимой водной экосистемы, допустима для всей водной геосистемы (водного объекта) в целом. Значение обсуждаемого принципа для рационального водопользования состоит в том, что он «запрещает» абсолютное однообразие нормативов для водных экосистем водоемов, зачастую создаваемое человеком на значительной по площади водной акватории, а в области управления водным объектом требует» неравномерного внимания к его различным водным экосистемам.</p> <p>Особое место в водной геосистеме может занимать человек (население), как пользователь ее водных и биологических ресурсов. В то же время человек не является компонентом водных экосистем, поскольку вода не является для него средой жизни. Актуальной темой прикладных экологических исследований водных объектов являются оптимизационные задачи развития общества и функционирования водных геосистем.</p>
<p>Урбасистема, урбо-система, урбоэко-система и др.</p>	<p>Антропогенно-трансформированные (биоценоз(ы) + физико-географическая среда) + население + архитектурно-строительные объекты, или <i>урбасистема</i> = антропогенно-трансформированные <i>геосистемы</i> + архитектурно-строительные объекты.</p>

<p>«Земля» как система. Агросистема, агроэкосистема, региональная агроландшафтная система и др.</p>	<p>В существующих законах РФ понятие «почва» не отделено от понятия «земля» и не рассматривается как отдельный объект. В некоторых документах почвы косвенно определены как «природная функция» земли, причём понятие «земля» в них понимается намного шире, чем понятие «почва». В соответствии с ГОСТ 26640-85, земля — это важнейшая часть окружающей природной среды, характеризующаяся пространством, рельефом, климатом, почвенным покровом, растительностью, недрами, водами, являющаяся главным средством производства в сельском и лесном хозяйстве, а также пространственным базисом для размещения предприятий и организаций всех отраслей народного хозяйства.</p> <p>Для системной экологии предпочтительнее термины <i>агроэкосистема</i> или <i>региональная агроландшафтная система</i>. Тогда под землями (земельными ресурсами) можно понимать ландшафтные системы земледелия, региональные агроландшафтные системы, агроландшафты, агроэкосистемы. В любом случае, имеет смысл говорить об объектах исследования как о сложных антропогенно - трансформированных агроэкосистемах. Тогда об «изменении состояния земель», «оценке изменения состояния земель» логично говорить, используя термины <i>состояния</i> и <i>фазы функционирования агроэкосистем</i>, если речь идет об их изменении во времени с сохранением качественной определенности, если же характеристика системы связана с её переходом в новое качество, то логично использовать термин <i>смена этапов развития</i>.</p>
<p>Этносистема, этноэкосистема</p>	<p>Этносистема = биоценоз(ы) + физико-географическая среда + этнос (население одного этноса) + экономика + культура + политика, или этносистема (этноэкосистема) = геосистема (геоэкосистема) одного этноса + экономика + культура + политика этноса. Таким образом, понятия <i>этносистема, этноэкосистема</i> парциальны по отношению к понятиям <i>социосистема, социоэкосистема</i>. Это их подсистемы. В глобальном смысле это наверняка. В региональном отношении они в принципе могут совпадать, если региональная социосистема является системой одного этноса.</p>
<p>Социосистема, социоэкосистема</p>	<p>Динамическая саморазвивающаяся и саморегулирующаяся система «человеческое общество—природа» или «человеческое общество—окружающая среда», динамическое равновесие в которой должно обеспечиваться общественным разумом. Различия в региональных социоэкосистемах связаны с особенностями регионального развития экономики и культуры. Существенное отличие глобальной социоэкосистемы от региональной связано со становлением на региональном уровне человеческих культур, пока еще не сложившихся в единую мировую материальную и духовную культуру Социосистема = биоценоз(ы) + физико-географическая среда + население + экономика + культура + политика, или социосистема (социоэкосистема) = геосистема (геоэкосистема) + экономика + культура + политика.</p>

Что является предметом исследования *прикладной экологии*? Следуя Н.Ф. Реймерсу (1990, с. 595) [12], *прикладная экология* должна заниматься разработкой норм использования природных ресурсов и среды жизни, допустимых нагрузок на них, форм управления экосистемами различного иерархического уровня, способов «экологизации» хозяйства. Сегодня можно свести круг очерченных Н.Ф. Реймерсом вопросов к *экологической регламентации, экологическому нормированию и экологическому менеджменту*. В этом смысле вызывает некоторое непонимание отказ от необходимости развития прикладных методов исследований в науках о Земле в рамках новых структурных подразделений СПбГУ или заявление о необходимости развивать на недавно созданной на биофаке СПбГУ кафедре Прикладной экологии в качестве одного из основных такое направление как «биоразнообразие».

В более общей трактовке *прикладная экология* по Н.Ф. Реймерсу [12] изучает механизмы разрушения биосферы человеком, способы предотвращения этого процесса

и разрабатывает принципы рационального использования природных ресурсов без деградации среды жизни. В состав *прикладной экологии* Н.Ф. Реймерс (1990, с. 593) [12] включал промышленную (инженерную) экологию, сельскохозяйственную экологию, различные области медицинской экологии и др.

В другом определении [2, с. 363] *прикладная экология* — раздел экологии, результаты исследования которого направлены на решение практических проблем охраны окружающей среды: защита от загрязнения, научное управление окружающей средой, рациональным использованием естественных ресурсов, круговоротом воды и воздуха в природе, продуктивностью сообществ, стабильностью и возможной нагрузкой экосистем и т.д.

Таким образом, и по Н.Ф. Реймерсу и по И.И. Дедю *прикладная экология* разрабатывает экологические нормы, формы управления экосистемами, определяет допустимые нагрузки на них и пределы устойчивости экосистем. Кроме этого, она изучает механизмы разрушения экосистем и разрабатывает подходы к рациональному природопользованию.

Отметим, что указанное авторами в прошлом веке «наполнение» *прикладной экологии* не смогло предвосхитить бурного развития именно этой составляющей экологии и геоэкологии. Оно лишь «угадывало» сформировавшиеся в последние годы прикладные научные направления в экологии и родственных ей дисциплин.

В самом деле, определение *нормы состояния* экосистемы на основе анализа параметров состояния, интервалов их естественного колебания, выявления пороговых и критических величин параметров, входит сегодня в сферу *экологической регламентации*. Поиском ответной реакции экосистем на внешнее воздействие и разработкой экологических норм и допустимых нагрузок на экосистемы занимается *экологическое (экосистемное) нормирование*, механизмы разрушения экосистем и подходы к рациональному природопользованию изучает *охрана природы*. Экспертизой и анализом деятельности хозяйствующих субъектов в соответствии с требованиями экологической безопасности и действующим экологическим законодательством занимается *экологический аудит*; планирование, управление и контроль всей деятельности предприятий в отношении охраны окружающей среды охватывает *экологический менеджмент*. Быстро развиваются *экономические аспекты природопользования, инженерная экология, медицинская экология*, а также такие прикладные направления как *экологический риск, экологический маркетинг, экологический консалтинг, экологическая паспортизация, экологическое страхование, экологическое лицензирование, экологическая сертификация, экологическая этика, экологическая политология и социология* и другие [5, 6, 9, 13].

В связи с отмеченным выше конкретным наполнением *прикладной экологии*, она в последние годы редко упоминалась в научной литературе, несмотря на то, что различные разделы и «продукты» прикладной экологии широко представлены в научных публикациях в качестве иллюстраций практического решения экологических проблем и проблем охраны окружающей среды. В большинстве географо-экологических (эколого-географических) публикаций речь по существу идет о *прикладном системном анализе* в экологии, геоэкологии, урбоэкологии, социоэкологии. Теория *прикладного системного анализа сложных систем в природе и обществе* должна быть нацелена на теоретическое описание деятельности специалистов по системному анализу в решении практических задач данных областей знаний, и, в значительно меньшей степени — объектов данной деятельности (в нашем случае — экосистем, геосистем, урбасистем,

социосистем). Это, однако, не снимает ответственности с исследователей, вводящих новые термины, только на том основании, что они плохо ориентируются в существующей географической и экологической терминологии¹.

Можно сделать вывод, что *прикладная экология* призвана на современном этапе ее развития разрабатывать научные методы решения экологических проблем, связанных с антропогенной трансформацией природных экосистем и геосистем, разных иерархических уровней, а также урба(эко)систем и социоэкосистем. Понятно, что многие геоэкологи видят в этом цели и задачи геоэкологических исследований. При этом в геоэкологических исследованиях изучаются экологически значимые для рассматриваемой иерархии геокомпоненты, процессы и явления. Это и обуславливает выделение предмета и специфических методов исследования, позволяющих рассматривать и анализировать структуру геопространства, динамику поведения экологически значимых геокомпонентов и прогнозировать функционирование и развитие геосистем. Уже сегодня здесь выделяется *ландшафтная геоэкология*, исследующая проблемы взаимодействия человека с окружающей средой на местном уровне (в тонкой ландшафтно-геоэкологической оболочке, включающем в себя всю биоту, почву, литогенную основу, приземные водные и воздушные массы и антропогенную составляющую) и планетарная или *глобальная геоэкология*, изучающая планетарное геоэкологическое пространство в лито-, атмо-, гидросферах, в которых человек транспортируется и проводит специфические работы: космические, глубоководные, глубокое бурение и др. Таким образом, геоэкология может рассматриваться как экологическая наука с интегративным объектом (предметом) исследования — ландшафтно-геоэкологической оболочкой.

В этом смысле термин *прикладная экология* в наши дни целесообразно трактовать шире, относя к объектам прикладных экологических исследований все виды сложных систем в природе обществе, обозначенные выше в таблице.

Отличие *геоэкологии от социальной экологии* обусловлено присутствием в последней специфического предмета исследования — социальной сферы, испытывающей на себе последствия антропогенных трансформаций социоэкосистем. Так называемые *геоэкологический и социоэкологический подходы*, на основе которых реализуются географо-экологические исследования последних лет, исходят из наиболее общего понимания *геоэкологии и социоэкологии* как междисциплинарных направлений, всесторонне рассматривающих динамику антропогенно трансформированных геосистем и социосистем, а также взаимодействия человека (общества) и окружающей среды в локальном, региональном и глобальном масштабах. При этом чаще упоминаются высокие уровни иерархии геосистем и социосистем. В этом случае прикладная экология будет нацелена на решение прикладных задач геоэкологии, урбоэкологии и социоэкологии.

¹ Пример из жизни. П.Е. Марченко в 2010 г. в докторской диссертации «Геоинформационные модели и методы интегральной оценки природно-техногенной опасности территориальных систем» ввел понятие *геотаксона*, определив *геотаксон* как «определенную площадь земной поверхности (конкретное значение площади определяется спецификой самой решаемой задачи — необходимой степенью детализации анализируемой территории) с описанием ландшафтно-географической, техногенной и других ситуаций, на которой задается перечень и характеристики опасных природных и техногенных процессов (ОПП) (в общем случае с учетом динамики по времени) и которой ставится во взаимно однозначное соответствие определенное интегральное значение, характеризующее степень её опасности». Насколько и когда необходимы *геотаксоны* в исследованиях, понятно, чем автора не устроил термин геосистема — не ясно.

В связи со сказанным, *системная экология, системная геоэкология, системная социоэкология* выделились из экологии, геоэкологии, социоэкологии и как формализованные (в большей или меньшей степени) целостные подходы стали самостоятельными разделами *системного моделирования* в науках о Земле благодаря современным математическим методам, развитию информатики и геоинформатики и т.д., а также формального упрощения и моделирования систем.

Прикладная составляющая обуславливает необходимость решения практических задач по планированию региональной политики, использованию природных ресурсов и социальной сферы, их охраны, возобновления, терапии для реализации, как потребностей человечества, так и устойчивой коэволюции биосферы и общества [11].

Отметим, что во всех случаях речь идет об исследовании состояния природной и социальной (антропогенно-трансформированных) сред, обусловленного качественным отличием их от состояния, определяемого лишь естественными процессами. Переход от естественных к катастрофическим природным состояниям (или состояниям коллапса) характеризуется чаще всего необратимой утратой системой способности продуцировать органическое вещество или потерю ею таких свойств, которые отличают экосистемы от других комбинаций «жизнь—среда».

На рис. 2 приводится схема экологического мониторинга, удовлетворяющая целям прикладных экологических исследований в природе и обществе.

Разработка научных методов решения экологических проблем сегодня опирается на достижения общей экологии, развития формальных математических методов, кибернетики, обработки данных на ПК, информатики и возможностей *экологического (и геоэкологического) мониторинга* природных и урбанизированных территорий (акваторий) разной степени антропогенной трансформации и должна включать в себя системы наблюдений, оценки и прогноза состояния природных и антропогенно-трансформированных экосистем (геосистем, урбасистем, социоэкосистем). При этом степень их нарушения человеком может достигать значительных размеров [10, 11].

В качестве характерных критериев применяются *режимные, природоохранительные, антропоэкологические и хозяйственные* критерии. *Экологическим критерием* будем называть признак, на основании которого проводится оценка, определение или классификация экологических систем, процессов и явлений. Для оценки экологического состояния и качества систем две последние группы критериев имеют решающее значение. В состав антропоэкологических индикаторов (критериев) состояния систем входят медико-экологические, биоклиматические и др. и социальные критерии.

Под *диагностическим мониторингом* понимается форма экологического мониторинга, позволяющая по выбранным показателям выявить основные тенденции в изменении биосферы.

Прогностический мониторинг — есть форма экологического мониторинга, позволяющая с помощью планируемого эксперимента предсказать (прогнозировать) биологические последствия на основании тенденций в изменении абиотической среды. *Прогностический мониторинг* опирается на научные методы решения экологических проблем и реализуется через систему экологических моделей разной степени сложности и разной степени отражения в них геопространства в зависимости от цели исследования. Разработка и размещение систем слежения — первый этап экологического

мониторинга. Информация, поступающая от систем слежения, накапливается в базах данных (БД) и по требованию пользователя передается *системам оценки*.

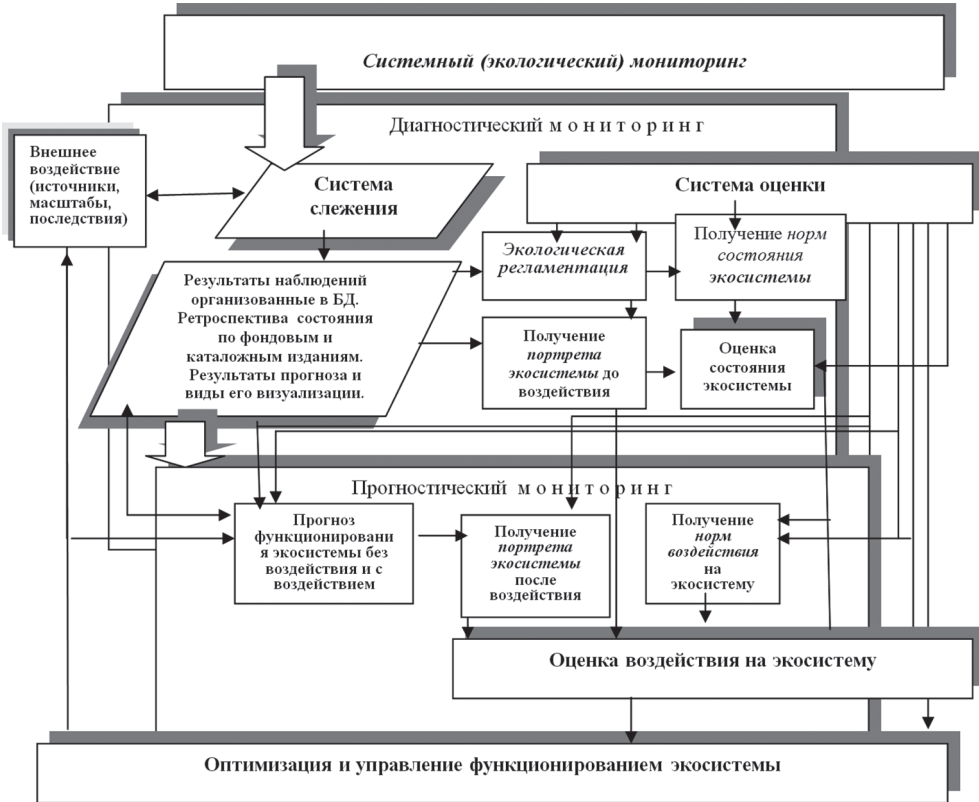


Рис. 2. Блок-схема системного мониторинга для целей прикладной экологии

Система оценки — составная часть (второй этап) экологического мониторинга, предназначенная для получения качественной и количественной оценки состояния, неаддитивных свойств и степени антропогенной трансформации экосистем.

Сбор и обработка данных; концептуальные и формализованные модели анализа, прогноза и оценки состояния экосистем, геосистем, социосистем с выходом на принятие природоохранного решения составляют потенциальный набор функций географической информационной системы (ГИС) состояния и качества среды. В настоящее время такие системы (зарубежные и отечественные) активно разрабатываются и внедряются в жизнь.

Состояние экологической системы — характеристика экосистемы на определенный момент ее функционирования. Состояние природной и урбанизированной системы всегда можно описать *вектором* (или *кортежем*, если учитываются также величины, не имеющие численных значений) состояния системы. Такой вектор назовем

«портретом» природной или урбанизированной экосистемы. Под *оценкой воздействия* понимается количественная (интегральная) оценка ответной реакции экосистемы в целом на антропогенное воздействие на основе получения *антропогенно трансформированного портрета экосистемы* [7, 8].

Географическая (гидрометеорологическая) составляющая таких исследований чаще всего связана с получением *комплексной оценки* или оценок с антропоцентристских позиций. Основным содержанием такой оценки является покомпонентное или комплексное физико-географическое районирование земной поверхности или свойств геосистем различного уровня иерархии, зонирование территорий и акваторий по величине *интегральных показателей* состояния среды и биоты, выявление условий (уровней, значимости) рационального использования земель, охраны и улучшения природной среды.

Экологическая (эколого-географическая) составляющая исследований связана с оценками *эколого-географической ситуации*, под которой понимаются различные (противоречивые) состояния природной и антропогенно трансформированной среды (противоречие связано с невозможностью увязать воздействие хозяйственной деятельности на биоресурсы и экологические потребности общества), важные для здоровья, условий жизни и деятельности человека или сохранения видового разнообразия биосферы.

Географическая и экологическая *оценки* характеризуют отношение *субъекта* (эксперта, исследователя) к *объекту* оценивания (в нашем случае — среда жизни человека, окружающая человека природная среда, геосистема, экосистема, урбаэкосистема, социоэкосистема и т.п.), установление значимости для субъекта этого объекта в целом или отдельных его свойств на основе их соответствия определенным уровням или нормам. Оцениваемым свойством объекта чаще всего является качество среды, устойчивость, продуктивность, экологическое благополучие территории, экологическая напряженность и т.д. При этом исходные характеристики, определяющие уровень оцениваемого свойства, могут быть весьма многочисленны (число их зачастую доходит до многих десятков наименований) и образовывать весьма сложные системы, структурированные множеством функциональных и корреляционных взаимосвязей.

Оценки подразделяются нами на *единичные (прямые и косвенные), комплексные, многокритериальные, интегральные* [8]. Под *экологической оценкой* понимается параметрическое определение состояний среды, обеспечивающих существование сообществ живых организмов, характерных для этих состояний в условиях естественного или антропогенного режимов их развития. Условия функционирования систем характеризуются *«нормой состояния»* на основе системы критериев, позволяющих выделить границы их различных состояний, и *«нормой воздействия»* — отклонением условий среды от нормы, не вызывающим развития необратимых изменений и не выводящим системы за пределы их норм. Оценка состояния природной или антропогенно-трансформированной системы с этих позиций есть соотнесение ее свойств с нормой (нормами) по величинам *интегральных показателей* состояния.

Формой и начальным этапом выражения отношения субъекта к объекту оценивания служит *диагностический анализ (диагностика)* природного объекта разной степени антропогенной трансформации, который включает в себя рекогносцировочное выявление достоинств (положительная значимость) и недостатков (отрицательная значимость) объекта; его отдельных свойств, интервалов их естественного колебания,

структуры и режимов функционирования на основе анализа параметров состояния и их критических значений. *Диагностический анализ (диагностика) природного объекта* (его свойств) чаще всего сводится к установлению отличительных особенностей и элементов его режимов, продуктивности, способности сохранять свои свойства и функционировать в условиях антропогенных воздействий и изменения качества среды в целом, применительно к запросам человека или других организмов [8, 13].

Значительное место в прикладных экологических исследованиях отводится экологической регламентации и экологическому нормированию.

Экологическая регламентация есть определение *нормы состояния* экосистемы на основе анализа параметров состояния, интервалов их естественного колебания, выявления пороговых и критических величин параметров, при которых сохраняется *портрет* экосистемы.

Экологическое нормирование, основано не на оценке природопользователями качества наземных и водных природных объектов, а на оценке внутренних свойств и возможностей экосистем сохранять свое состояние или утрачивать его при внешнем воздействии на них. При *оценке воздействия* определяются *экологические нормативы* допустимой антропогенной нагрузки на биогеоценозы на основе *экологических регламентов* [8].

Литература

1. Гальцова В.В., Дмитриев В.В. Практикум по водной экологии и мониторингу состояния водных экосистем. — СПб.: изд-во «Наука», 2007. — 364 с.
2. Дедю И.И. Экологический энциклопедический словарь. — Кишинев, 1990. — 406 с.
3. Дмитриев В.В. Диагностика и прогноз состояния водных экосистем. // Проблемы эколого-географической оценки состояния природной среды. — СПб., 1995, с. 72–91.
4. Дмитриев В.В. Интегральная оценка экологического состояния и качества природной и антропогенно-трансформированной среды. // Успехи современного естествознания, 2007, № 8, с. 75–76.
5. Дмитриев В.В. Прикладная экология в системе высшего географического и экологического образования. // Актуальные проблемы геоэкологии. «Методологические, теоретические и региональные вопросы геоэкологии». Материалы международной научной конференции. Часть I. — Тверь, 2002, с. 34–35.
6. Дмитриев В.В. Прикладная экология в системе высшего географического и гидрометеорологического образования. // Вопросы прикладной экологии. Сборник научных трудов РГГМУ. — СПб.: РГГМУ, 2002, с. 90–96.
7. Дмитриев В.В. Что такое экологическая оценка и как построить интегральный показатель состояния природной или антропогенно-трансформированной экосистемы. // Вопросы прикладной экологии. Сборник научных трудов РГГМУ. — СПб.: РГГМУ, 2002, с. 23–30.
8. Дмитриев В.В. Эколого-географическая оценка состояния внутренних водоемов. Автореф. докт. дисс. — СПб., 2000. — 38 с.
9. Дмитриев В.В., Жиров А.И., Ласточкин А.Н. Прикладная экология. — М.: Издательский центр «Академия», 2008. — 608 с.
10. Музалевский А.А. Экология. — СПб.: РГГМУ, 2008. — 604 с.
11. Потапов А.И., Воробьев В.Н., Карлин Л.Н., Музалевский А.А. Мониторинг, контроль и управление качеством окружающей среды. Часть 3. Оценка и управление качеством окружающей среды. — СПб.: РГГМУ, 2005. — 600 с.
12. Реймерс Н.Ф. Природопользование. Словарь-справочник. — М., 1990. — 638 с.
13. Шелутко В.А., Дмитриев В.В. Прикладная экология и геоэкология в системе высшего географического и гидрометеорологического образования. // Безопасность жизнедеятельности, 2011, № 2, с. 32–37.