

# МЕТОДОЛОГИЯ, ПРИНЦИПЫ И МОДЕЛЬ УСТОЙЧИВОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

Ю.А. Бобровин

*Предлагается неоклассическая субъект – субъектная методология изучения взаимодействия социальных и природных систем. Сформулирован принцип максимизации качества вещества (степени организованности), качества энергии (энтропии) и качества информации (негэнтропии) как фактор устойчивого развития и выживаемости (сохранения) экосистемы в условиях конкуренции (естественного отбора). Разрабатывается модель взаимодействия социальных (искусственных) и природных (естественных) систем в виде двойной спирали, аналогичной молекуле ДНК.*

Приграничные территории азиатской части России отличает большое разнообразие природных условий. В то же время государственной границей пересекаются целостные природные и природно-ресурсные системы различных типов. Все это отражает большое разнообразие трансграничных территорий и обуславливает дифференцированный перечень требований к формированию стратегий развития приграничных территорий России и соответствующих методологических подходов.

Т.И.Герасименко и Ю.Н.Гладкий отмечают, что, несмотря на очевидность интегративных трансграничных процессов и существования трансграничных регионов (ТГР) как объективной реальности, единого понимания этого феномена до сих пор не выработано. Разногласия касаются степени взаимосвязанности, размеров и содержания регионов. В основу определения понятия ТГР кладутся самые разные признаки – от экономического, интеграционного единства до единства ландшафтного [1].

П.Я.Бакланов и С.С.Ганзей, рассматривая экономико-географический, физико-географический и комплексный подходы к определению понятия ТГР как сложной природно-антропогенной системы, приходят к выводу о необходимости комплексного подхода, основанного на сочетании структурного, эволюционного и функционального анализа [2]. Т.И.Герасименко и Ю.Н.Гладкий считают правомерными также системный подход, учет геокультурного каркаса территории (термин А.Г.Дружинина [3]), но сами придают особое значение этнокультурному критерию ТГР, полагая, что единство этнокультурного пространства – решающий фактор формирования ТГР [1].

Целью настоящей работы является обоснование методологии, принципов и модели устойчивого природопользования транс-

граничных территорий на основе экокультурного императива, под которым понимается гармоничное развитие и взаимодействие природной и социальной среды, основным системным признаком которой является культура.

Очевидно, что анализ природопользования на трансграничных территориях должен производиться на стыке естественных и общественных (гуманитарных) наук, методологии которых существенно различаются. При этом, как отмечают редакторы сборника [4], на данном этапе не только допускаются, но и реально противостоят и жестоко борются друг с другом две качественно разные методологии: классическая объектная, или созерцательная, и неклассическая объектно-субъектная, или деятельностная, наметки к разграничению которых в истории науки были положены Н.Бором в принципе дополнительности. Онтологическим базисом первой является опредмечивание и отчуждение продуктов познания от Человека, базисом второй – снятие этого отчуждения и распрепредмечивание их «к» Человеку или «в» Человека [4, С. 7].

Ю.П.Михайлов именно в слабости методологической базы видит одну из серьезных причин многих упущений в области природопользования [5, с.12]. П.Я.Бакланов и Ю.А.Авдеев самой сложной в методологическом отношении задачей считают поиск наименьшей части рассматриваемого как системное образование природного или антропогенного объекта, т.е. элемента, который содержит весь необходимый и достаточный набор признаков, формирующих как бы «атом» системного целого, многократное пространственно-временное повторение которого и составляет композицию, или структуру целостного объекта. По их мнению, обнаружение такого элемента всегда знаменует открытие. Однако многоуровневость приро-

допользования приводит, как полагают П.Я.Бакланов и Ю.А.Авдеев, к необходимости выделения элемента для каждого рассматриваемого структурного уровня и не имеет смысла поэтому говорить об элементе данной системы без указания на структурный уровень сложности объекта, без соотнесения с ним. Они также отмечают важность принципа симметрии во взаимодействии общества и природы, так как только та деятельность, которая совпадает с симметрической и, следовательно, градиентной композицией природных систем, обладает шансами на успех и ведет к наименьшим энергетическим и материальным затратам, к наименьшему экологическому ущербу [6, С.23-25].

В настоящей работе используется интегральная методология – натуральный социалгуманизм [7], в которой, наряду с основным методом гуманитарных наук – герменевтикой (толкованием), применяются основные общенаучные методы: диалектика, гипотетико-дедуктивный метод восхождения от абстрактного к конкретному, эволюционизм, системность, синергетика, аналоговое моделирование. Эту методологию можно назвать неоклассической субъект-субъектной, поскольку в ней живая природа рассматривается не как объект, а как субъект взаимодействия естественных и искусственных (созданных человеком) систем.

Кроме принципа симметрии П.Кюри, интегральная методология учитывает открытую Л.Пастером диссимметрию живого вещества, полярность и энантиоморфность времени и пространства в живой природе [8], асимметрию структур, несущих наследственную информацию [9], и принцип локальной калибровочной симметрии, который служит основой для построения единой теории всех взаимодействий [10, С. 294]. Используются также общенаучные принципы относительности, дополненности и соответствия Н.Бора, неопределенности В.Гейзенберга, необходимого разнообразия У.Эшби, синхроничности К.Юнга, подвижного равновесия Ле Шателье, экономии мышления Э.Маха, неравновесной динамики Пригожина – Онсагера, наименьшего действия, суперпозиции.

А.Н.Кондратьев использовал принципы диссимметрии П.Кюри (в формулировке В.В.Митрофанова) и подвижного (локального) равновесия Ле Шателье – Брауна (в формулировке А.А.Богданова) в гидрологии для объяснения русловых процессов. В.В.Митрофанов описал проявление принципа диссимметрии в различных системах (от

машины до молекулы) как движущей силы развития. В обобщенном виде принцип диссимметрии В.В.Митрофанов сформулировал так: «Если имеется некая разность между частями системы и обеспечивается взаимодействие между этими частями, то должен быть некий эффект» [11, С. 42].

Первой частью принципа Ле Шателье является принцип взаимодействия частей системы. Этот принцип строго выводится из общего условия термодинамического равновесия (максимальности энтропии). А.А.Богданов, один из пионеров системного подхода в науке и автор всеобщей организационной науки – тектологии, расширил действие принципа Ле Шателье – Брауна на все природные процессы в следующей формулировке: «Если система равновесия подвергается воздействию, изменяющему какое-либо из условий равновесия, то в ней возникают процессы, направленные так, чтобы противодействовать этому изменению» [11, С. 43].

Г.С.Розенберг и Ф.Н.Рянский для экологии сообществ (синэкологии) выделяют принципы экологической корреляции, единства «организм – среда» (принцип Рулье – Сеченова), принцип биомов, биогеохимические принципы В.И.Вернадского, а также принцип максимизации энергии Лотки – Одуме – Пинкертоне, который гласит: в «соперничестве» с другими экологическими объектами выживают (сохраняются) те из них, которые наилучшим образом способствуют поступлению энергии и используют максимальное ее количество наиболее эффективным способом. Г.С.Розенберг и Ф.Н.Рянский отмечают, что последний принцип справедлив и в отношении информации, а вот максимальное поступление вещества как такового не гарантирует успеха экологическому объекту в конкурентной борьбе с другими аналогичными объектами [12, С. 225].

Однако живая материя, как показал Э.Шредингер [9], избегает перехода к равновесию. Живой организм непрерывно увеличивает свою энергию, или, иначе, производит положительную энтропию и, таким образом, приближается к опасному состоянию максимальной энтропии, представляющему собой смерть. Он может избежать этого состояния, то есть оставаться живым, только постоянно извлекая из окружающей его среды отрицательную энтропию (негэнтропию). По Э.Шредингеру, жизнь – это упорядоченное и закономерное поведение материи, основанное не только на одной тенденции переходить от упорядоченности к неупорядоченно-

сти, но и частично на существовании упорядоченности, которая поддерживается все время. В метаболизме, по мнению Э.Шредингера, важен не обмен веществом, и даже не обмен энергией, а обмен энтропией (негэнтропией). Отметим, что понятие негэнтропии имеет тесную связь с понятием информации, т.е. в метаболизме важен обмен информацией.

В.И.Вернадский также считал одной из самых важных и плодотворных идей представление об энтропии, характеризующей энергию в необратимых процессах [8, С. 349]. Вся жизнь, по его мнению, в целом тоже является необратимым процессом в течение геологического времени, в смене поколений; конца – и начала – этого процесса мы не видим, и, возможно, его нет. Он считал, что в результате жизни происходит не уменьшение свободной энергии в космической среде, а ее увеличение. В этом отношении жизнь действует обратно правилу энтропии. В отличие от свойств космической среды, термодинамическое поле живого организма обладает резко выраженной дисимметрией. Причем дисимметрия выражена как особым характером пространства, занятого живым веществом, – существованием в нем ярко выраженных энантиоморфных (левых и правых) полярных векторов, – так особенно явным несоответствием – неравенством – между правым и левым характером явлений (асимметрией). И Пастер, и Кюри объясняли проявления дисимметрии в живом веществе различными состояниями пространства [8, С. 373-376].

Мы полагаем, что для выживаемости экосистемы важны не количественные характеристики потоков вещества, энергии и информации, которыми обмениваются открытые экосистемы, а качественные. Учитывая, что качество вещества определяется (по В.И.Вернадскому) степенью его организованности, энергии – энтропией (степенью деградации), а информации – негэнтропией (степенью определенности, разнообразия и достоверности), то можно сформулировать следующим образом обобщающий принцип выживаемости экосистемы: в соперничестве с другими экологическими объектами выживают (сохраняются) те из них, которые обеспечивают наилучшее качество вещества, энергии и информации (принцип максимизации качества вещества, энергии и информации). Этот принцип аналогичен известному в физике принципу наименьшего действия, которому подчиняются все естественные процессы в природе.

Важнейшим системным параметром экосистемы является ее устойчивость. Г.С.Розенберг и Ф.Н.Рянский в рамках популяционного подхода в экологии определяют устойчивость как способность популяций противостоять возмущающим факторам среды в целях своего сохранения. Популяцию они определяют как совокупность особей одного вида с общим генофондом, которая формируется в результате взаимодействия потока генов и условий внешней среды в пределах определенного пространства. Генетическое единство популяции определяет ее основное положение как элементарной единицы эволюционного процесса. В экологии часто используется упрощенное (прагматическое) понятие локальной популяции, а именно: совокупность особей одного вида на определенной экологически однородной территории [12, С. 87]. Естественно, что не существует одного типа механизма управления устойчивостью популяций. Различают надежность (сохранение популяции за счет переменности ее особей), устойчивость по Ляпунову (отсутствие резких колебаний численности), относительную стабильность, или устойчивость по Лагранжу (относительное постоянство численности популяции); упругость, или устойчивость по Холлингу (сохранение внутренних взаимосвязей популяции при возмущении ее состояния за счет изменения биомассы, возрастной структуры, динамики численности); живучесть, или устойчивость по Флейшману (способность активно противостоять вредным воздействиям среды); иерархическую устойчивость по Свирежеву (сохранение структуры популяции за счет стабилизирующего действия всего сообщества или экосистемы) [12, С. 89]. Для сравнения в экологической геоморфологии (которая развивает новую парадигму современной географии: «от геосистемы – к экосистеме») [13, С. 7] устойчивость геоморфологической системы определяется как способность этих систем либо не реагировать на воздействие, либо быстро восстанавливать свою пространственную морфологическую структуру и динамическое равновесие без перехода в существенно иное состояние. Развитие же определяется как процесс, приводящий к качественным, необратимым и направленным изменениям в системе [13, С. 43-44]. Сопоставление понятий «симметрия», «асимметрия», «устойчивость» и «развитие» показывает, что выражение «устойчивое (или сбалансированное) развитие» аналогично понятию «симметричная асимметрия», что, на первый взгляд, противоречит здравому

смыслу, т.к. предполагает сопротивление изменениям, без которых немислимо развитие.

Научно обоснованный анализ понятия «устойчивое развитие» возможен с использованием основных законов диалектической логики Гегеля: единства и борьбы противоположностей; перехода количественных изменений в качественные; отрицание отрицания. Необходимо учитывать также основные принципы теории эволюции: наследственность (обеспечивающую устойчивость и стабильность); изменчивость (определяющую возможность развития) и естественный отбор (задающий вектор развития).

В современной теоретической экологии одним из важнейших вопросов остается соотношение дискретности и непрерывности в экосистемах, ведущее к двум различным парадигмам: организмизму и континуализму [12, С.158-161]. Сторонники организмизма (дискретного видения экологического мира) рассматривают эволюционный процесс как взаимоприспособление (коадаптацию) видов экосистемы: чем дольше существует экосистема, тем более «подогнаны» друг к другу виды. Возникновение новых типов экосистем рассматривается как следствие процесса «гибридизации» исходных типов, называемых вкладчиками [12, С.206]. Концепция континуума рассматривает экосистемы как мозаику популяционных распределений, связанных условиями среды [12, С.163].

Синтетическая теория эволюции объединяет (на основе принципа дополнительности, диалектической логики и синергетики) комплиментарные элементы организмизма и континуализма, что приводит к пониманию устойчивого развития как чередованию (смене) относительно стабильных периодов функционирования экосистемы в условиях сбалансированности (равновесия и симметрии) и периодов квантового (скачкообразного) перехода при достижении точки бифуркации в сильнонеравновесном (асимметричном) состоянии к качественно новому равновесному (симметричному) состоянию экосистемы. Такой переход обусловлен накоплением количественных изменений основных параметров экосистемы (вещественных, энергетических и информационных), несовместимых с ее прежней организационной структурой, что вызывает проявление закона отрицания отрицания.

Необходимо отметить, что в экосистеме могут происходить постепенные необратимые изменения состава и структуры сообщества, вызываемые внутренними (автогенная

сукцессия) или внешними (аллогенная сукцессия) причинами, что приводит к последовательной смене сообществ в данном районе [12, С.194]. На языке кибернетики автогенная сукцессия является следствием проявления положительной обратной связи (ПОС), а аллогенная сукцессия – отрицательной обратной связи (ООС). Для создания новых структур нужна положительная обратная связь, для устойчивого существования – отрицательная обратная связь [14, С.131].

Кроме методологии и принципов для теоретического обоснования устойчивого развития необходима научно обоснованная модель, что представляет весьма сложную задачу. Как отмечают Г.С.Розенберг и Ф.Н.Рянский, количество моделей экосистем огромно и продолжает экспоненциально расти [12, С.157]. Нами разрабатывается на основе метода аналогии модель взаимодействия социальных (искусственных) и природных (естественных) систем в виде двойной спирали, аналогичной молекуле ДНК. Эта аналогия подсказана известным изречением Сократа: «Познай себя и ты познаешь весь мир». Как известно, вся информация о человеке заложена в молекуле ДНК. Эвристический процесс выведения нового знания на основе модели, ее изучения и приписывания этого знания объекту – оригиналу есть не что иное, как модельная аналогия, т.е. определенная разновидность умозаключения по аналогии [15, С.16]. В кибернетике для определения стратегии управления одним из основных способов является принцип автоматического приспособления управляющего устройства к изменяющимся условиям. Этот способ найден путем последовательного проведения аналогий с живыми организмами, анализа устройств, моделирующих либо процессы обучения и адаптации, либо структуру и функции нервных клеток – модели нейронов, схемы построения нервных узлов или даже нервной системы в целом [15, С.55].

В предлагаемой аналоговой модели одна из спиралей представляет собой «диалектику природы», а другая спираль, но с вращением в противоположном направлении (в соответствии с принципом диссимметрии в живых системах) – диалектику (динамику) социальной системы, движущими силами в которой являются антиномии (противоречия) в трех сферах: экономической (материальной), духовной (идеальной) и властной (политической). Основной же антиномией экосистемы является противоречие (борьба) между жизнью и смертью. Наличие двух противо-

положно направленных взаимосвязанных (не только по концам, но и между соседними витками) спиралей иллюстрирует «исходное противоречие человеческой жизни – это противоречие между естественным и искусственным, между тем, что дается и требуется природой – с одной стороны, и миром двойного опосредования, «второй природой» – с другой (ибо человеческая жизнь одновременно предполагает наличие того и другого и разную направленность их функций: приспособление к миру – преобразование его)» [16, С.24]. Рассматриваемая аналоговая модель соответствует и диалектической логике Гегеля. К.Маркс писал: «В системе Гегеля существуют три элемента: спинозовская субстанция, фихтевское самосознание и гегелевское необходимо-противоречивое единство обоих элементов – абсолютный дух. Первый элемент есть...природа в ее оторванности от человека, второй – ...дух в его оторванности от природы, третий – ...единство обоих факторов, действительный человек и действительный человеческий род» [17, С.154].

Молекула ДНК является материальным носителем наследственной информации, с помощью которой осуществляется воспроизводство себе подобных и наследование признаков. Отрезок молекулы ДНК – ген – содержит информацию о структуре одного белка и отвечает за его синтез. По аналогии, наименьшую часть системного природного или антропогенного объекта (экосистемы) можно назвать экогеном, т.е. элементом, многократное пространственно-временное повторение которого и составляет структуру экосистемы. Очевидно, что другим вариантом «атома» экосистемы можно рассматривать аналог клетки живого организма, в ядро которого входит молекула ДНК.

Наполнение реальным содержанием предлагаемых аналогий применительно к конкретным экосистемам и их структурным уровням составляют предмет отдельных исследований. В методологическом же плане можно сопоставить понятие «экоген» с исходной «клеточкой» как ядром философской рефлексии. В.Н.Сагатовский считает, что основной вопрос философии и ее исходную «клеточку» образуют соотношения субъективного и объективного, а также конечного и бесконечного в процессе познания. Графически эта «клеточка» представляется В.Н. Сагатовским в виде треугольника, в центре которого помещен символ бесконечности, в двух вершинах находятся субъекты – С, а в третьей – объект – О отношений. В схеме

В.Н.Сагатовского показана стрелочкой связь с объектом лишь одного из субъектов, который также связан стрелочкой и с другим субъектом, у которого связь с объектом отсутствует [16, С.43]. Такая исходная «клеточка» как ядро философской рефлексии может считаться основой неоклассической субъект – субъектной методологии с одним дополнением, а именно, устранением «неравноправия» субъектов отношений путем завершения треугольника С-О-С «равноправными» связями обоих субъектов с объектом и между собой.

В методологическом смысле важно дать четкое определение понятий «субъект» и «объект». По В.Н. Сагатовскому, в обобщенном смысле субъект есть любое явление в том отношении, в котором его проявления детерминированы внутренней программой, объект есть любое явление в том отношении, в котором его проявления детерминированы извне [16, С.39-40]. Применительно к экосистемам можно договориться считать субъектом такую систему (например, популяцию), которая способна к самоорганизации на основе положительной обратной связи, и объектом – систему, не способную к самоорганизации, а управляемую лишь посредством отрицательной обратной связи. Предлагаемый подход может быть одним из элементов научных оснований геоэкологии, базисом для разработки научно обоснованных программ устойчивого развития природопользования.

*Работа была выполнена при поддержке гранта РГНФ № 06-02-60202 а/т.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Герасименко Т.И., Гладкий Ю.Н. Трансграничность как фактор этнокультурного и экономического развития // Известия Русского географического общества. – 2005. – Т. 137 – Вып. 6.
2. Бакланов П.Я., Ганзей С.С. Приграничные и трансграничные территории как объект географических исследований // Известия РАН. Серия географическая. – 2004. – № 4. – С. 27-34.
3. Дружинин А.Г. Территориальная организация культуры: основы концепций // Экономика-географический вестник Ростовского гос. университета. – 2004. – №1. – С. 94-112.
4. Природопользование и география (методологические аспекты). – Владивосток: ДВО АН СССР. – 1989. – 160 с.
5. Михайлов Ю.П. Проблемы природопользования и география // Природопользование и география (методологические аспекты). – Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. – 160 с.
6. Бакланов П.Я., Авдеев Ю.А. Методология природопользования // Природопользование и география (методологические аспекты). – Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. – 160 с.

## МЕТОДОЛОГИЯ, ПРИНЦИПЫ И МОДЕЛЬ УСТОЙЧИВОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

7. Бобровин Ю.А. Натуральный социал-гуманизм как интегральная методология экономических и юридических наук // Методология науки: Сб. тр. Всероссийского философского семинара. Вып. 5. Проблемы типологии метода. – Томск: ТГУ, 2002. – 272 с.
8. Вернадский В.И. Избранные труды. – М.: Современник, 1993. – 688 с.
9. Шредингер Э. Что такое жизнь? С точки зрения физика. – М.: Атомиздат, 1972. – 88 с.
10. Басаков М.М., Голубинцев О.И., Зарубин А.Г. и др. Концепции современного естествознания: Учеб. пособие / Общ. ред. С.И. Самыгина. – Ростов-на Дону: Феникс, 1999. – 576 с.
11. Кондратьев А.Н. О проявлении принципа Ле Шателье – Брауна в русловых процессах // Известия РГО. – 2005. – Т. 137. – Вып.6. – С.41-45.
12. Розенберг Г.С., Рянский Ф.Н. Теоретическая и прикладная экология. – Нижневартовск: Изд-во Нижневартовского пед. института, 2004. – 294 с.
13. Рельеф среды жизни человека (экологическая геоморфология) / Отв. ред. Э.А. Лихачева, Д.А. Тимофеев. – М.: Медиа-ПРЕСС, 2000. – 640 с.
14. Горелов А.А. Концепции современного естествознания: Учебное пособие / А.А. Горелов. – М.: ВЛАДОС, 1998. – 512 с.
15. Батороев К.Б. Кибернетика и метод аналогий. – М.: Высшая школа, 1974. – 104 с.
16. Сагатовский В.Н. Философия развивающейся гармонии: философские основы мировоззрения: В 3 ч. – СПб.: Изд-во С.-П. ун-та, 1997. – Ч. 1. – 224 с.
17. Маркс К., Энгельс Ф. Сочинения: В 30 т. – М.: Политиздат, 1955. – Т.2.

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПО КОНЦЕНТРАЦИОННЫМ КОЭФФИЦИЕНТАМ

С.В. Темерев

*Методом химических индикаторов и сравнительного анализа физико-химического и пространственного распределения микроэлементов в экосистемах Обь - Иртышского бассейна проведена количественная оценка экологического состояния основного водотока – р. Обь в ее верхнем и среднем течении. Особенности формирования поверхностных вод реки Обь рассмотрены с позиций бассейнового подхода, а экологическое состояние количественно оценено с помощью концентрационных коэффициентов распределения микроэлементов в консервативных компонентах экосистемы реки.*

### ВВЕДЕНИЕ

Химический состав поверхностных вод бассейна реки Обь формируется в результате взаимодействия экосистемы с точечными и диффузными источниками химических токсикантов, сосредоточенных или рассредоточенных на территории водосбора. Учитывая масштабы бассейна Верхней, Средней и Нижней Оби, в основу сравнительного анализа положен индикационный метод. Химическими индикаторами выбраны тяжелые металлы (Hg, Cd, Pb, Cu), терригенные микроэлементы (Fe, Mn), а также полуметаллы As, Se, в качестве естественных индикаторов – природные консервативные компоненты водной экосистемы – взвешенное вещество и донные осадки. Решающим критерием выбора индикаторов стали методические разработки в области экологического контроля как стандартные [1], так и собственные оригинальные [2, 3].

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для идентификации источников поступления микроэлементов – физико-химическое и пространственное их распределение. Физико-химическое распределение микроэлементов исследовано на модельных участках бассейна реки Обь (междуречье Оби и Иртыша, урбанизированные водосборы, замыкающий створ Средней Оби - п. Белогорье). При этом рассматриваются природные индикаторы: поверхностные воды, взвешенные вещества, донные осадки, снежный покров и ледники, анализируется взаимодействие основного водотока – реки Обь с мелкими (Барнаулка [4], Алей [5]) и крупными притоками [6] (Томь, Чулым, Иртыш), включая искусственный (Новосибирское водохранилище) и природные водоемы (солёные озера Обь Иртышского междуречья) с территорией водосбора. На основании гидрохимических показателей составляющих экосистему Оби компонентов: объемных и удельных содержаний микро-