

ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫХ СИСТЕМ: КОНЦЕПЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ¹

С. М. Абдуллаев, О. Ю. Ленская, Ю. А. Сапельцева

Южно-Уральский государственный университет, Россия

Поступила в редакцию 14 ноября 2012 г.

Аннотация: В настоящей статье описаны общие принципы и практические методы «исследования жизненного цикла природно-антропогенных систем» (ПАС). Сделано предположение, что для исследования экологических воздействий ПАС применим метод «реконструкции жизненного цикла», развитый ранее авторами в мезомасштабной метеорологии. Демонстрируются примеры применения метода для оценки воздействия урбанизации на локальный климат и гидрологию и поиска потенциальных источников пространственно-временных аномалий загрязнения городской атмосферы.

Ключевые слова: природно-антропогенная система, реконструкция жизненного цикла, климат города, гидрология, загрязнение атмосферы.

Abstract: This article describes the general principles and practical methods of «the study of the life cycle of natural and anthropogenic systems». It is suggested that to investigate the environmental effects of natural and anthropogenic systems is applicable the method of «reconstruction of the life cycle» developed by the authors in mesoscale meteorology. The article shows examples of the use of the method to assess the impact of urbanization on the local climate and hydrology and search of potential sources of spatio-temporal anomalies of city air pollution.

Key words: natural and anthropogenic system, the reconstruction of the life cycle, climate of city, hydrology, atmospheric pollution.

В настоящей статье представлена первая часть исследования, посвященного решению основного вопроса управления природопользованием России – совмещения экономического развития страны с острой необходимостью улучшения социальных условий и качества окружающей среды регионов. Важным научно-методическим аспектом этой социально значимой проблемы является то, что в качестве *объекта исследования* должны выступать региональные и локальные *природно-антропогенные системы* (ПАС) как пространственно-временные геосистемы, включающие природные, техногенные, экономические и социальные компоненты. Зависимость отдельных состояний ПАС от процессов различного генеза предопределяет актуальность *предмета исследования* – *функционирование* ПАС, а также актуализация *цели изучения* – обоснование принципов и разработка междисциплинарного подхода к «исследованию жизненного цикла ПАС».

линарного подхода к «исследованию жизненного цикла ПАС».

Исследование жизненного цикла природно-антропогенных систем

Первоначально остановимся на необходимости введения термина «ПАС» и концептуальных основах «исследования жизненного цикла». Предлагается, что практической реализацией исследований функционирования природно-антропогенных систем может быть метод «реконструкции жизненного цикла».

Характеристика понятия ПАС. Представленное выше определение ПАС по своей сути родственно географическим понятиям о природно-антропогенном территориальном комплексе или природно-антропогенной геосистеме [8] и понятию геотехническая система [7]. Необходимость введения понятия ПАС обусловлено тем, что функционирование многих территориальных и аквальных геосистем характеризуются тесным взаимодействием природной и антропогенной компоненты, включающей в свою очередь техногенную и социально-экономическую составляющую, сущность которой заметным образом отличается от

© Абдуллаев С. М., Ленская О. Ю., Сапельцева Ю. А., 2013

¹ Редакция не полностью разделяет точку зрения авторов статьи, но считает, что она вновь поднимает внимание к углубленному исследованию антропогенеза. См. В. И. Федотов Техногенные ландшафты: теория, региональная структура, практика. – Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 1985. – 192 с.

процессов естественной и техногенной природы. Характерный пример аквальной ПАС – водохранилище. Основной элемент этой системы – водохранилище – территориально локализован, т.е. может рассматриваться как геосистема, но количество и качество воды в нем в целом и отдельные состояния водной среды зависят от природных, техногенных, социальных, экономических факторов, часто не имеющих точной географической привязки. Другой пример взаимодействия таких процессов – состояние воздушной среды крупного города, где экономические условия и социальные ритмы играют немаловажную в недельных и суточных вариациях концентраций загрязняющих веществ [6].

Приведем ряд дополнительных аргументов использования более общего термина ПАС вместо терминов геосистема, ландшафт, природно-территориальный комплекс (ПТК) и др. Употребление понятия «природно-антропогенная система» вместо распространенных в литературе «антропогенный», «культурный», «техногенный» ландшафт и т.п. подкрепляется тем, что в отечественной географической науке само понятие «ландшафт» имеет три принципиально различные трактовки. С одной стороны по Н. А. Солнцеву, А. Г. Исаченко, В. Б. Сочаве, В. А. Николаеву и др. [5] «ландшафт» – это конкретная индивидуальная природная территориальная единица, определяемая набором морфологических частей – местностей, урочищ, фаций. В формулировке Н. А. Гвоздецкого и др. «ландшафт» – это однородный и однотипный физико-географический комплекс. В противоположность этому по Д. Л. Арманду, Ф. Н. Милькову и др. [12] «ландшафт» – это общее понятие, применимое к ПТК любого ранга и размерности. В последнем случае нельзя не согласиться с Ф. Н. Мильковым [12], что словосочетания «природно-антропогенный ландшафт» или «культурный ландшафт» не допустимы. Для антропогенных ландшафтов, имеющих свои естественные аналоги, Ф. Н. Мильков предложил термин «естественно-антропогенный ландшафт». Это также является аргументом в пользу более широкого понятия «система», поскольку территориальные (аквальные) ПАС, возникающие в связи с антропогенными и естественными процессами, которые происходят над (под) определенным участком земной (водной) поверхности, очевидно, могут иметь как свои естественные аналоги – «природные системы» – системы облачности, биологические системы, системы водных течений – так и преимуще-

ственно «антропогенные» системы: техногенные или продукционные системы.

С другой стороны «ландшафт» по общепринятому международному определению, изложенному в Европейской конвенции [18], понимается как «часть территории, в том смысле как она воспринимается таковой населением, отличительные черты которой являются результатом действия природного и/или человеческого факторов или их взаимодействия». Таким образом, в этом случае «ландшафт» фактически предстает как составная часть «природно-антропогенной системы». В этом смысле следует рассматривать и определение, предложенное сотрудником НАН Украины Л.И. Сорокиной: «ландшафты, находящиеся под воздействием техногенных объектов – это сложные природно-антропогенные системы, развитие которых зависит от природных и социально-экономических факторов» [15].

Концептуальный базис «исследования жизненного цикла». Очевидно, что обобщающий характер понятия «природно-антропогенная система» позволяет использовать устоявшуюся географическую терминологию. Например, так же, как и в случае ПТК изучение *функционирования* ПАС означает, что *предметом исследования* является совокупность элементарных процессов перемещения, обмена и трансформации энергии, вещества и информации, определяющие состояния ПАС на различных интервалах времени различного масштаба от суточных до многолетних. Очевидно, что функционирование ПАС состоит из элементарных физических, химических, биологических и *социальных процессов* интегрированных в более сложные физико-географические, *экологические и социально-экономические процессы*. Очевидно также, что методы естественных и социально-экономических наук различны, поэтому для описания ПАС необходим синтезирующий подход, названный нами «исследование жизненного цикла».

Выделение природно-антропогенной системы как объекта исследования, управления и прогноза позволяет ввести свои естественные аналоги, характеризующиеся как ограниченной степенью управления со стороны человека, так и преимущественно «управляемые» антропогенные аналоги – социально-экономические и техногенные подсистемы или продукционные системы. Разделение на условно «природные» и «антропогенные» подсистемы позволяет нам рационализировать дальнейшее изложение двух составных частей «исследования жизненного цикла».

Теоретический базис «жизненного цикла» и практические методы можно позаимствовать из формирующегося нового направления в метеорологии – *динамической мезомасштабной климатологии* – или климатологии динамики и термодинамики мезомасштабных атмосферных систем, где климатологический подход применяется к *объекту* исследований – мезомасштабным циркуляционным системам, а *предметом* является изучение иерархических взаимодействий между слагающими эту систему отдельными элементами и переходов между стадиями жизни систем. Основу этого раздела составили более, чем 25 летние исследования эволюции полей кучево-дождевой облачности проведенные С. М. Абдуллаевым и коллегами, обобщенные в концепции жизненного цикла мезомасштабных конвективных систем [2]. В частности показано, что при широком диапазоне индивидуальных форм, интенсивностей и условий возникновения, общим правилом эволюции таких полей является устойчивая пространственно-временная иерархия, когда элементарные ячейки осадков масштабом до 10 км и временем жизни ~0,5 ч организуются в иерархически соподчиненные мезомасштабные скопления (системы) кучево-дождевой облачности – шторма и ансамбли штормов, которые в свою очередь являются подсистемами мезомасштабной конвективной системы (МКС) с размерами ~300 км с временем жизни до полусуток. Для данного исследования, принципиально важно, что при ограниченности жизненного цикла подсистем в пространстве и времени (рис. 1), в ходе максимальной интенсивности всей системы наблюдаются квазипериодические колебания, свя-

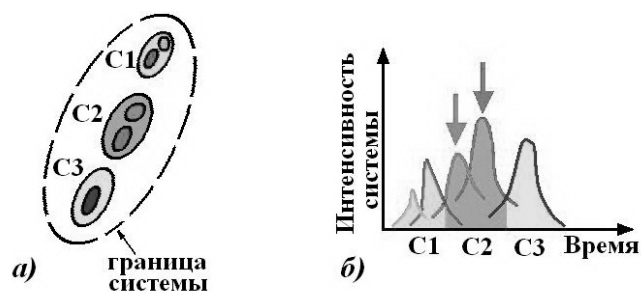


Рис. 1. Упрощенная схема эволюции мезомасштабной системы в пространстве (а) и времени (б).

На а) представлено последовательное появления подсистем С1, С2 и С3 в области развития (границе) общей системы. На б) показано, каким образом жизненный цикл подсистем С1-С3 отражается в ходе максимальной интенсивности всей системы. Стрелками показаны циклы появления доминирующих элементов подсистемы С2

занные с появлением доминирующих подсистем, имеющих среди прочих наибольшую на данный момент времени интенсивность. Иерархичность и квазипериодичность функционирования облачной системы – это ее ответ на ограниченность доступного энергетического ресурса.

С точки зрения дальнейшего рассуждения также важно, что новая отрасль метеорологии и климатологии обладает развитым инструментом для описания сценариев поведения сложных систем в пространстве и во времени динамического мезоклиматологического реконструирования, базирующихся на объективном определении физических параметров для различных типов и стадий жизни систем. Примеры, реконструкции жизненного цикла мезомасштабных циркуляционных систем линейной и сложной структуры приведены в работах [2, 4, 9].

Опираясь на методический потенциал концепции жизненного цикла МКС в части выделения доминирующих пространственно-временных мод и установления иерархии природных систем, в качестве *исходных принципов* нами полагается, что природно-антропогенные системы (ПАС) иерархичны и каждому естественному и антропогенному элементу, или подсистеме элементов характерны свои масштаб области развития и времена жизни, т.е. собственный жизненный цикл и, что эволюция доминирующих подсистем ПАС различного ранга отразится в колебаниях временного хода параметров, характеризующих состояния (интенсивность, рис. 1) системы.

Для изучения функционирования ПАС нами применяется *метод реконструкции жизненного цикла ПАС*, объединяющий два способа идентификации элементов ПАС. Первый – сопоставление временного колебаний интенсивности ПАС с известными естественными и антропогенными циклами (явлениями) и второй – сравнение жизненного цикла исследуемой ПАС с циклом жизни аналогичной системы. С позиции общих методических подходов к исследованию геосистем предлагаемая *реконструкция жизненного цикла* комбинирует как *исторический* подход, трактуемый как сравнение состояний ПАС во времени, так и *сравнительно-географический* подход в части использования понятия о системах-аналогах [8].

Следует сказать, что подходы, базирующиеся на сопоставлении событий во времени и направленные на реконструкцию сложных процессов эволюции систем, обнаруживаются во многих гуманитарных и естественных науках. Известным при-

мером продуктивности такого подхода в гуманитарной сфере являются работы Л. Н. Гумилева [6], где для подтверждения гипотезы о характере и фазах эволюции этноса им на единой шкале исторического времени сопоставлялись изменения в природно-ресурсном потенциале, изменения во внешних и внутренних общественных факторах, ведущие к изменению интенсивности этногенеза, измеряемой по количеству определенных социальных групп. Как демонстрирует Dearing [17], недавние успехи палеоэкологических и палеоклиматических исследований голоцена в освещении роли антропогенных воздействий всецело основаны на комбинации геофизических, геохимических серий наблюдений с «гуманитарной» датировкой событий.

Реконструкции жизненного цикла ПАС в охране окружающей среды

Главный аспект решаемой проблемы – управление окружающей средой ПАС. Поэтому среди параметров, характеризующих состояния ПАС, следует выбрать те, которые с одной стороны отражают возможные негативные последствия для здоровья населения и экосистемы в целом, а с другой могут быть зафиксированы в данных официального мониторинга среды. Упор на изучение причин изменений состояний ПАС определяет частный аспект – первые исследования и реконструкция состояний ПАС были связаны с наиболее изменчивыми атмосферной и гидрологической

компонентами [13]. В ходе этих и других исследований выделено три основных типа реконструкций: количественные, полуколичественные и с учетом фаз жизненного цикла.

Количественные реконструкции ПАС. Успешным примером такой реконструкции ПАС является оценка влияния урбанизации на локальную погоду и климат г. Челябинска и разделение региональной и локальной составляющей потепления климата [9, 10, 13]. В качестве подсистемы ПАС здесь рассматривался «городской остров тепла» – циркуляционная система движений в пограничном слое атмосферы, проявляющаяся на фоне «невозмущенных» параметров окружающей среды как климатическая аномалия температур и ветра.

В реконструкции «острова тепла» использовались как синхронные, так и асинхронные серии измерений температур и ветра с установлением статистических связей с коэффициентом доверия близким к 1.

В первом синхронном типе количественной реконструкции, использовались *одновременные, но разнесенные в пространстве* серии измерений температур с целью выявления отличий «урбанизированного» и «невозмущенного» климата. Среди прочего сопоставлялись температуры метеостанции «Шершни», характеризовавшие пригородные ландшафты (ряд r_2 , рис. 2а) и поста № 23 мониторинга воздуха Челябинска, расположенного в пяти км севернее (ряд u_1 , рис. 2а) и характеризую-

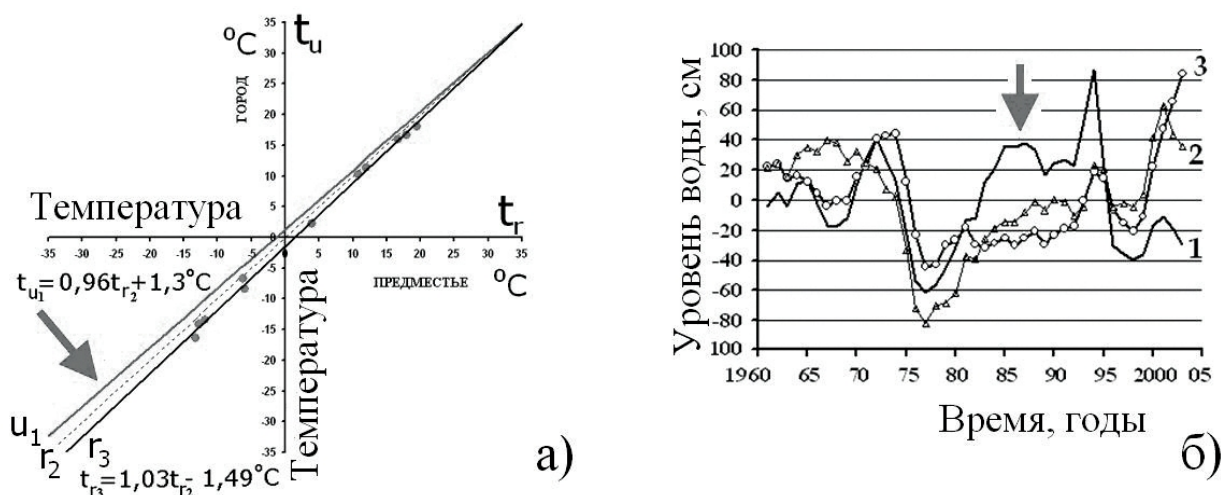


Рис. 2. Реконструкции жизненного цикла ПАС и оценка влияние урбанизации на (а) климатический и (б) гидрологический режим. а) Локальные изменения климата характеризуются зависимостью температур в городе Челябинске u_1 от температур в пригороде r_2 . Региональное потепление в пригороде характеризуется регрессиями r_2 и r_3 . б) Вариации уровня воды в озерах Смолино (1) и его аналогов Кундравинское (2) и Аргаяш (3). Для наглядности из рядов данных удалены среднелетний линейный тренд. Стрелкой указан период интенсивной урбанизации водосбора Смолино

шего среду центра современного города. Было проведено сравнение почти 20 тысяч пар синхронных измерений за 1980–2008 год.

Обнаружено, что чем ниже температуры окружающей среды, тем больше контраст между «урбанизированной» и «невозмущенной» серией (сравни u_1 и r_2 , рис. 2а). Например, при холодах около минус 30°C в городе обычно на 5 градусов теплее, а при повышении температуры до 30°C жары контрасты исчезают. Среднее локальное потепление составляет ~1,1°C, а зимой среднемесячные контрасты составляют ~2°C, уменьшаясь до 0,6°C к середине лета.

Второй асинхронный вариант реконструкции использует измерения, относящиеся к различным эпохам антропогенного давления примерно в одной точке пространства. Например, среднемесячные данные метеостанции «ДОСААФ» («исторический» ряд r_3 , рис. 2а), которая находилась с 1949 по 1965 год, за чертой города в 2 км западнее от современного поста №23 сопоставлены с современными урбанизированной u_1 и пригородной сериями r_2 измерений. Сравнение серий r_2 и r_3 приводит к выводу, что в период с середины 50-х к середине 90-х годов произошло «естественное» региональное потепление климата ~1,4°C. С другой стороны, это означает, что локальная урбанизация территории ~1,1°C может увеличить оценки регионального потепления на 40–50 % (рис. 2а).

Полуколичественные реконструкции

В отличие от изложенных выше типов статистически обоснованных количественных реконструкций, использующих две или несколько серий измерений одного и того же возмущенного и невозмущенного параметра, в полуколичественных реконструкциях используются серии измерений параметров для объектов – географических «аналогов» (первый вариант) и/или же полуколичественная информация, характеризующая причины того или иного изменения в интенсивности ПАС (второй вариант). В принципе оба типа полуколичественных реконструкций могут быть проведены раздельно, но, как показывает опыт, для однозначных результатов реконструкции обычно требуется комбинация двух и более полуколичественных реконструкций. Для примера рассмотрим оценку влияния урбанизации водосбора на функционирование водных объектов – аквальных ПАС. Этот вопрос рассматривался в [13], где методом реконструкции установлены причины подъема уровня бессточного озера Смолино – эколого-экономической проблеме в г. Челябинске. Реконструк-

ция жизненного цикла озера за последние 50 лет проводилась на основе инвентаризации результатов изучения этого феномена и инвентаризации условий природопользования на водосборе озера Смолино, а также путем сопоставления этих изменений с короткопериодными колебаниями его уровня и уровня воды в его гидрологических аналогах – озерах Аргаяш и Кундровинское за последние 50 лет. Все данные наносились на один временной график (рис. 2б). Уровень озера Смолино с 1960 по 2006 год повышался со средней скоростью порядка 43 мм/год (с обеспеченностью >0,8), тогда как озера-аналоги Аргаяш и Кундровинское росли с 1961 по 2003 год со скоростью 6 и 2 мм/год при низкой значимости тренда. Во-первых, обнаружено, что многочисленные прикладные исследования данного феномена в основном касались гидрогеологических аспектов приходной части водного баланса озера, но не учитывали снижения испарения из-за наблюдаемого регионального и локального уменьшения скоростей приземного ветра. Нами в [13] показано, что уменьшение испарения на 7,5 мм/год на водосборе и зеркале озера достаточно для объяснения роста уровня озера с 60-х по 80-е годы. Во-вторых, инвентаризация условий природопользования и колебаний уровня воды за вычетом трендов показала, что отсутствующая у озер-аналогов положительная аномалия уровня воды оз. Смолино в начале 80-х гг. (рис. 2б), по времени совпадает с интенсивной застройкой заболоченных ландшафтов водосбора озера, приведшей к появлению на месте заболоченной местности крупных участков непроницаемых поверхностей. Очевидно, что уменьшение площади естественных испарителей и увеличение модуля стока с водосбора означало бы для «естественного» бессточного озера при прочих равных условиях новый средний уровень воды (~1 метр выше прежнего). Однако, ослабление скоростей ветра в прибрежной зоне акватории продолжается и с середины 90-х гг. уровень оз. Смолино постоянно искусственно понижается. Современный рост уровня воды озера-«аналога» Аргаяш можно также объяснить застройкой в последнее десятилетие его водосбора.

Реконструкции с учетом фаз жизненного цикла

К особому типу реконструкции, следует отнести реконструкции, относящиеся к одной стадии жизни явления или с учетом фаз жизненного цикла. Как указывалось ранее, наиболее адекватно в жизненном цикле систем мы можем выделить пе-

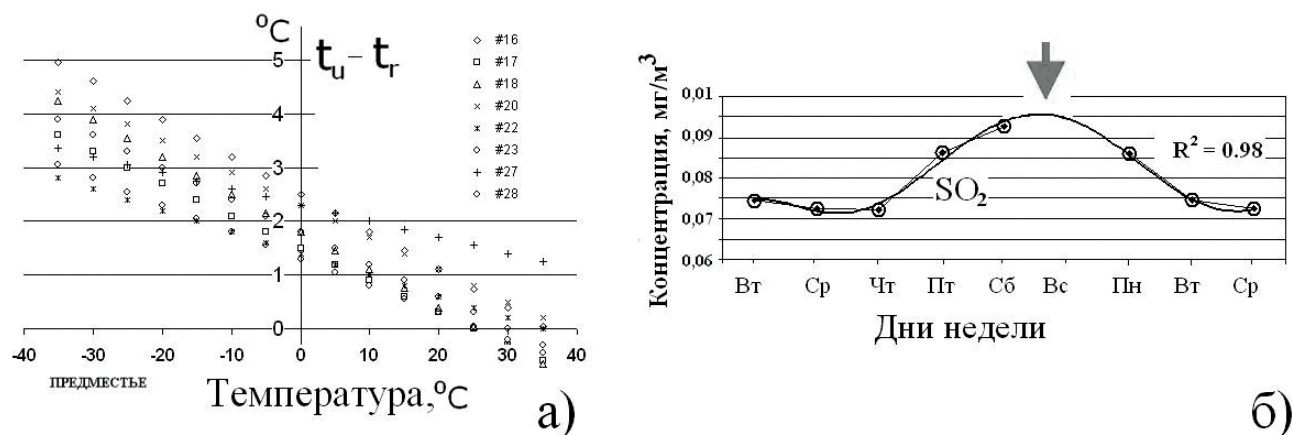


Рис. 3. Реконструкции фаз жизненного цикла ПАС с использованием (а) климатических и б) социально-экономических ритмов. а) средние аномалии температуры в различных точках города Челябинска при различных состояниях внешних условий за 2005-2006 г. На легенде значками указаны оценки температур на постах; б) осредненный за 2000-2006 г. недельный ход концентрации сернистого газа в городе Челябинске. Кружками осредненные значения, толстая линия – результат интерполяции данных

риод времени вблизи стадии максимальной интенсивности явлений. Например, в случае острова тепла – это зимний период (рис. 3а). Е. Г. Кораблева, О.Ю. Ленская [9] показали, что остров тепла Челябинска, интенсифицируясь в зимний период, разделяется узкой ориентированной вдоль долины реки Миасс полосой менее выраженного потепления на западную и восточную зоны локального потепления. Анализ полей ветра предполагает, что с этими неоднородностями поля температур связана своеобразная циркуляционная система движений, объясняющая в том числе характерную для зимнего периода «ось загрязнения города» [9, 13].

Рассматривая диапазон состояний ПАС (рис. 3а) в зависимости от внешних невозмущенных условий, можно убедиться, что при общем превышении температур в городе над температурами предместья, разброс в индивидуальных состояниях увеличивается с $1,2^{\circ}\text{C}$ при 0°C до $2,2$ ($1,9$) $^{\circ}\text{C}$ при -35 ($+35$) $^{\circ}\text{C}$, т.е. в экстремальных областях температур возможны существенные отличия интенсивности острова тепла. В числе прочего, можно уточнить результат первой реконструкции, что при общем снижении контрастов в жаркие дни в городе могут наблюдаться локальные области с небольшим «перегревом».

В примере, демонстрируемом выше, в качестве основы выделения фаз жизненного цикла были использованы климатические ритмы, поэтому условно такой вариант реконструкции можно назвать *реконструкция фаз жизненного цикла на основе природных ритмов*. Другим показательным при-

мером реконструкции с учетом фаз жизненного цикла на основе *социально-экономических ритмов* являются исследование суточных и недельных циклов загрязнения ПАС «город Челябинск».

В процессе статистической обработки данных о концентрациях оксидов азота, сернистого газа и формальдегида, измеренных на постах мониторинга атмосферного воздуха г. Челябинска за 2000-2006 г., выявлено заметное увеличение концентраций загрязняющих веществ (ЗВ) в ночные и утренние часы в сравнении с дневными и вечерними замерами, а также в сроки, ближайшие к воскресным и праздничным дням (вечер субботы и утро понедельника). Например, осредненный недельный ход концентрации сернистого газа (рис. 3б) показывает ее значительное увеличение в субботу и понедельник, и, очевидно (указано стрелкой), в воскресенье и выходные дни, когда мониторинг выбросов не проводится. Активность же автотранспорта в городе в эти дни минимальна. Аналогично в ночное время, когда вклад автотранспорта в загрязнение не может превышать выбросов стационарных источников. Повышенные концентрации ЗВ свидетельствуют о том, что промышленные выбросы усиливаются в ночное время. Поскольку городской остров тепла ночью обычно обостряется, то потоки воздуха содержащие ЗВ конвергируют с окраинных промышленных зон в центр города. С учетом суммации воздействия концентрации загрязнителей довольно часто значительно превышают допустимые. Учитывая низкую интенсивность движения автотранспорта, отсутствие мониторинга и других инстру-

ментов для регулирования качества воздуха в эти периоды – это наглядный пример значительного и не регулируемого воздействия промышленных источников на атмосферу города.

Итак, введенное нами понятие природно-антропогенные системы (ПАС) и выделение методов ее изучения – «реконструкции жизненного цикла» не исключает, что исследование жизненного цикла ПАС не может ассимилировать другие методические подходы в области географических наук. Так, геофизические измерения оценки интенсивности обмена и преобразования вещества в ландшафтах [5] показывают, что существует тесная связь между функциональными процессами и элементарными структурно-функциональными частями ПТК, а большинство процессов, происходящих в разных ПТК, можно представить как изменения количества отдельных геомасс (т.н. *теория «геомасса-процесс»*). В связи с этим Стурман [16] считает, что «значимость показателей экологической обстановки в принципе может быть экспериментально определена путем *синхронного отслеживания геофизических, геохимических и биологических характеристик ландшафтов*, путем дополнения выполняемых на стационарах детальных ландшафтно-динамических исследований, определением возможно более широкого круга поллютантов в аэро-, фито-, морт-, педо- и гидромассах, в том числе по разным геогоризонтам, с последующей статистической обработкой результатов и анализом взаимосвязей».

С другой стороны «реконструкция жизненного цикла» принципиально отличается от ландшафтной индикации антропогенных воздействий и иных форм прикладного ландшафтоведения. Так, в ландшафтно-экологическом анализе природных комплексов Нижнего Новгорода, Э.Г. Коломыц, Г.С. Розенберг и др. [14] в качестве метода применяли функциональную триаду «*воздействие → изменение → последствия*», фиксируя только ее начальные и конечные проявления. Это подход подобен действию модели «черного ящика» с контролем входных (например, определение количества ЗВ в отдельных компонентах среды) и выходных параметров (продуктивность экосистем, заболеваемость населения). Объекты нашего исследования – это наиболее сложные системы, где негативные последствия могут присутствовать в явном виде, или же пока не установлены, обычно неизвестен и источник воздействия, как и сам характер воздействия, приведший к изменениям состояний ПАС. Подчеркивая актуальность «исследо-

вания жизненного цикла», мы чаще подразумеваем другую триаду «*последствия ↔ изменение ↔ воздействие*». Зная негативные *последствия* (т.е. актуальность ПАС), через исследование *изменения* находим источник этого *воздействия* или обнаруживая *изменения* находим «источник» и/или «следствия», как это продемонстрировано на примере водного баланса Смолино и загрязнения воздушной среды. Необходимо отметить, что опора на *изменения* дает нам возможность для поиска причин «отсутствия последствий» в некоторых ПАС.

С точки зрения управления охраной среды нам достаточно пройти цепочку: «*последствия → изменение → воздействие*», т.е., зная негативные *последствия* для окружающей среды, через исследование характера *изменения* мы находим источник этого *воздействия*, который собственно и может быть объектом управления.

Для некоторых современных геосистем возможна комбинация перекрывающихся независимых временных серий наблюдений различных параметров этих компонент, что позволит максимально точно определить время «толчка», совпадающего с появлением нового элемента, идентифицировать «отклик», и таким образом установить причинность явлений. Единственное условие для использования этих архивов – это точная пространственно-временная привязка к циклу жизни ПАС и ее элементов. Все это дает основание ожидать, что в тех ПАС, где нам удастся выделить изменение, произведенное под воздействием ее отдельного элемента (или процесса), удастся и количественно выразить это воздействие в единицах массы или энергии, т.е. перейти к использованию адекватного для управления охраной среды метода материально-энергетического баланса.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы (Соглашение № 14.В37.21.0613).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдуллаев С. М. Влияние полей конвергенции приземного ветра на интенсивность осадков скоплений Сб / С. М. Абдуллаев, Н. С. Арская, А. А. Желнин // Метеорология и гидрология. – 1994. – № 8. – С. 33-37.
2. Абдуллаев С. М. Жизненный цикл мезомасштабных конвективных систем / С. М. Абдуллаев, А. А. Желнин, О. Ю. Ленская // Метеорология и гидрология. – 2009. – № 5. – С. 34-45.
3. Абдуллаев С. М. Модели экологической оценки и управление природопользованием / С. М. Абдуллаев

// Вестник Челябинского государственного университета. Сер. Экология. Природопользование. – 2007. – № 6, вып. 2. – С. 7-20.

4. Абдуллаев С. М. Эволюционная классификация мезомасштабных линий шквала / С. М. Абдуллаев, О. Ю. Ленская // Метеорология и гидрология. – 1998. – № 3. – С. 24-32.

5. Беручашвили Н. Л. Методы комплексных физико-географических исследований : учебник / Н. Л. Беручашвили, В. К. Жучкова. – Москва : Изд-во Московского государственного университета, 1997. – 320 с.

6. Гумилев Л. Н. Гуманитарные и естественнонаучные аспекты исторической географии / Л. Н. Гумилев // Ноосфера и художественное творчество. – Москва : Наука, 1991. – 280 с.

7. Дьяконов К. Н. Экологическое проектирование и экспертиза / К. Н. Дьяконов, А. В. Дончева. – Москва : Аспект Пресс, 2002. – 384 с.

8. Жучкова В. К. Методы комплексных физико-географических исследований / В. К. Жучкова, Э. М. Ракковская. – Москва : Академия, 2004. – 368 с.

9. Кораблева Е. Г. Исследование острова тепла города Челябинска в зимний период / Е. Г. Кораблева, О. Ю. Ленская // Вестник Челябинского государственного университета. Сер. Экология. Природопользование. – 2010. – № 8, вып. 4. – С. 15-23.

10. Кораблева Е. Г. Локальное и региональное потепление на Южном Урале / Е. Г. Кораблева // Вестник Челябинского государственного университета. Сер. Экология. Природопользование. – 2007. – № 6, вып. 2. – С. 56-67.

11. Ленская О. Ю. Метод реконструкции типа мезомасштабных систем осадков, генерирующих шквалы, по особенностям изменения приземного давления / О. Ю. Ленская, С. М. Абдуллаев // Вестник Челябинского государственного университета. Сер. Экология. Природопользование. – 2005. – № 1, вып. 1. – С. 143-151.

12. Мильков Ф. Н. Учение об антропогенных ландшафтах: вопросы, теории, терминологии и преподавания в высшей школе / Ф. Н. Мильков // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. География. Геоэкология. – Воронеж, 2004. – № 1. – С. 19-23.

13. Оценка жизненного цикла природно-антропогенных систем / С. М. Абдуллаев [и др.] // Вестник Челябинского государственного университета. Сер. Экология. Природопользование. – 2008. – № 7, вып. 3. – С. 41-52.

14. Природный комплекс большого города: Ландшафтно-экологический анализ / Э. Г. Коломыц [и др.]. – Москва : Наука, 2000. – 286 с.

15. Сорокина Л. И. Концептуальные основы исследования ландшафтов, находящихся под влиянием техногенных объектов / Л. И. Сорокина // Украинский географический журнал. – 2009. – № 1. – С. 3-8.

16. Стурман В. И. Экологическое картографирование / В. И. Стурман. – Москва : Аспект Пресс, 2002. – 51 с.

17. Dearing J. A. Climate-human-environment interactions: resolving our past / J. A. Dearing // Climate of the Past. – 2006. – No. 2. – P. 187-203.

18. European Landscape Convention (Европейская конвенция о ландшафтах) // Florence, 20.X.2000, ETS no 176.

Статья публикуется впервые.

Абдуллаев Санжар Муталович
доктор географических наук, профессор кафедры вычислительной математики Южно-Уральского государственного университета (НИУ), г. Челябинск, т. 8(919)1205985, E-mail: ecolcsu@gmail.ru

Ленская Ольга Юрьевна
кандидат географических наук, доцент кафедры вычислительной математики Южно-Уральского государственного университета (НИУ), г. Челябинск, т. 8(912)4717890, E-mail: ecolcsu@gmail.ru

Сапельцева Юлия Александровна
аспирантка Южно-Уральского государственного университета (НИУ), г. Челябинск, т. 8(963)0824953, E-mail: sapeltseva@mail.ru

Abdullayev Sanjar Mutalovitch
Doctor of Geography, Professor of the Chair of Computational Mathematics, South Ural State University, Chelyabinsk, tel. 8(919)1205985, E-mail: ecolcsu@gmail.ru

Lenskaya Ol'ga Yur'yevna
Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor of the Chair of Computational Mathematics, South Ural State University, Chelyabinsk, tel. 8 (912)4717890, E-mail: ecolcsu@gmail.ru

Sapeltseva Yulia Alexandrovna
Postgraduate student of South Ural State University, Chelyabinsk, tel. 8(963)0824953, E-mail: sapeltseva@mail.ru