

УДК 504.54.062.4

КОНЦЕПЦИЯ РЕНАТУРАЦИИ АНТРОПОГЕННО НАРУШЕННЫХ ГЕОСИСТЕМ: МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ**Голеусов П.В.***ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет»,
Белгород, e-mail: Goleusov@bsu.edu.ru*

В статье представлены основные теоретические положения концепции ренатурации антропогенно нарушенных геосистем. Ренатурация рассматривается как вариант самоорганизации антропогенно нарушенных геосистем, их нелинейного развития в рамках зональных аттракторов – квазиклиматических состояний. Управление процессом ренатурации – ренатурирование геосистем – возможно на основе представлений о характерных временах, критических моментах самоорганизации, онтогенетическом статусе нарушенных геосистем и оценке эффективности ренатурационных процессов. В качестве ключевого процесса ренатурации рассматривается воспроизводство почвенно-растительного покрова. Определено понятие ренатурационного потенциала геосистем, представлены методологические подходы к его оценке. Предложены принципы организации системы мониторинга ренатурационных процессов в антропогенно нарушенных геосистемах. Предложена логическая схема выбора стратегий экологической реабилитации почв в техногенно и агрогенно нарушенных геосистемах на основе мобилизации их ренатурационного потенциала и стимулирующих воздействий.

Ключевые слова: антропогенно нарушенные геосистемы, самоорганизация, экологическая ренатурация, ренатурирование, воспроизводство почвенно-растительного покрова, мониторинг нарушенных геосистем

THE CONCEPT OF RENATURATION OF ANTHROPOGENICALLY DISTURBED GEOSYSTEMS: METHODOLOGICAL AND APPLIED ASPECTS**Goleusov P.V.***Belgorod National Research University, Belgorod, e-mail: Goleusov@bsu.edu.ru*

The article presents the basic theoretical principles of the concept of renaturation anthropogenically disturbed geosystems. Renaturation is regarded as variant of self-organization in anthropogenically disturbed geosystems, as their nonlinear development under control by zonal attractors – quasi-climax states. The control of renaturation processes – geosystems renaturing – perhaps based on the concepts of characteristic times, critical moments of self-organization, the ontogenetic status of disturbed geosystems and renaturation processes diagnostic. As a key renaturation process considered reproduction of soil-vegetation cover. The concept of renaturation potential of geosystems is defined, methodological approaches to its assessment is presented. The principles of organization of the monitoring system for renaturation processes in anthropogenically disturbed ecosystems is proposed. Logic selection strategies of environmental rehabilitation of soil in technogenic and agrogenic disturbed geosystems by mobilizing their renaturation potentials and subsidy impacts is proposed.

Keywords: anthropogenically disturbed geosystems, self-organization, ecological renaturation, renaturing, the reproduction of soil-vegetation cover, disturbed geosystems monitoring

Принципиальное отличие антропогенных ландшафтов от природных геосистем – отсутствие способности к самоподдержанию, самовосстановлению и самовоспроизводству их техногенных и антропогенно модифицированных компонентов. Разнообразные виды антропогенного воздействия связаны с нарушением вещественного и энергетического балансов геосистем, их информационных связей, экологического равновесия в целом, поэтому правомочно использовать понятие «антропогенно нарушенные геосистемы» для всех типов выведенных из состояния равновесия природных, измененных и вновь созданных человеком геосистем. На глобальном уровне антропогенное нарушение в той или иной степени затрагивает 60% экосистем Земли [10], но распределено крайне неравномерно и достигает значительного уровня

на староосвоенных территориях. Устойчивому существованию цивилизации особенно угрожает деградация агроландшафтов, которой подвержено до 40% их площади, а потенциал сельскохозяйственного освоения новых земель близок к исчерпанию [9].

В России площадь нарушенных земель (фактически – геосистем с высокой степенью антропогенной деградации), по данным на 2011 год [6] превышает 1 млн га, 114,7 тыс. га заняты полигонами по утилизации отходов, свалками, 1,5 млн га занимают овраги. Значительная часть постпромышленных бедлендов остается нерекультивированной и становится ареной самоорганизации природных геосистем. Сельскохозяйственные земли России подвержены эрозии на 26,2%, причем по отдельным регионам доля эродированных земель достигает 70–80% [8].

Экономические факторы в конце 1990-х – начале 2000-х годов привели к сокращению площади обрабатываемых угодий, в результате чего заброшенные, эродированные и другие низкопродуктивные земли спонтанно перешли в состояние залежей, доля которых в структуре сельскохозяйственных земель возросла, по официальным данным [8] до 5 млн га (2,6%). По данным исследователей, площадь залежей существенно выше и достигает 26 млн га в степных регионах, 40 млн га – в целом по стране [7, 17]. Постагрогенные геосистемы заброшенных сельскохозяйственных угодий так же, как и нерекультивированные посттехногенные геосистемы, сформированные или нарушенные горнодобывающими предприятиями, находятся в режиме природного воспроизводства почвенно-растительного покрова.

Учитывая значительное распространение антропогенно нарушенных геосистем, делать ставку на эколого-реабилитационные мероприятия, осуществляемые затратными технологическими подходами (рекультивацией), нерационально. Однако забрасывание и консервацию антропогенно деградированных земель с целью спонтанной реализации природного потенциала самовосстановления геосистем также нельзя считать правомерной альтернативой. Необходимо теоретическое обоснование возможности использования потенциала самоорганизации природных геосистем и особенно – возможности управления процессами воспроизводства их возобновляемых ресурсов, прежде всего почвенно-растительного покрова. Данная задача решалась нами при достижении главной цели исследования – обоснования концепции экологической ренатурации антропогенно нарушенных геосистем.

Материал и методы исследования

С целью выявления общих онтогенетических закономерностей формирования ресурсных характеристик почвенно-растительного покрова в разных природных зонах автором в 1998–2012 годах проведены исследования на 5 основных полигонах: южнотаежном (Ленинградская область), центральном лесостепном (Орловская, Белгородская, Воронежская области России, Харьковская, Черкасская области Украины), лесостепном молдавском, степном придунайском (Молдова, Одесская область Украины), степном боспорском (Краснодарский край, Республика Крым). Всего исследовано более 400 объектов с датированным воспроизводством почвенно-растительного покрова. Основными методологическими подходами к анализу эмпирических данных были: нелинейный, предполагающий принципиальное сходство онтогенеза биологических и биокосных систем – почв; эколого-генетический, ориентированный на оценку результатов процессов воспроизводства растительности и почв в пространственном разнообразии экологических факторов, в связи с изучением развития

параметров фитоценозов и почвенных свойств во времени. Теоретическое обобщение полученных результатов было проведено с позиций синергетики: процессы естественного воспроизводства природных компонентов рассмотрены как составляющие процесса самоорганизации антропогенно нарушенных геосистем.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ значительного объема эмпирических данных о результатах воспроизводства почв и растительных сообществ [3, 4] в условиях лесостепной зоны, с привлечением результатов исследований в других регионах [13, 14], позволил автору обосновать концепцию экологической ренатурации – варианта самоорганизации антропогенно нарушенных геосистем.

Под *ренатурацией* мы понимаем [3, 5] совокупность процессов естественного воспроизводства компонентов и функционирования (самоорганизации, автотопозиса) природной геосистемы, нарушенной (разрушенной) в результате антропогенного воздействия, а также природную эволюцию антропогенной (природно-технической) геосистемы, в которой была прекращена хозяйственная деятельность. Процесс ренатурации в вещественно-энергетическом отношении объединяет первичные и восстановительные сукцессии биоты, первичное, рецентное и вторичное почвообразование, стабилизацию рельефа, саморазрушение инженерных сооружений, самоочищение природных сред от загрязнителей, а в информационном отношении – процессы образования/восстановления межкомпонентных взаимосвязей. Ренатурацию можно рассматривать на любом – вплоть до глобального – уровне организации геоэкоферы. Ренатурационные процессы (самоорганизация) геосистем начинают протекать с момента первичной стабилизации среды, находящейся в антропогенно возмущенном (нарушенном, дезинтегрированном) состоянии. До некоторых пор эти процессы могут подавляться повторяющимся антропогенным воздействием, но после его прекращения они сразу же возобновляются.

Определяющими факторами запуска процессов ренатурации следует считать интенсивность и/или продолжительность антропогенного (нарушающего) воздействия, достигающего определенного уровня – порога устойчивости природных геосистем, когда поддержание текущего состояния и структуры за счет процессов гомеостаза (саморегуляции), действия отрицательных обратных связей уже невозможно. Новая структура – антропогенно нарушенная геосистема – может быть рассмотрена как начальная фаза процесса самоорганизации ренатурационной геосистемы (рис. 1).

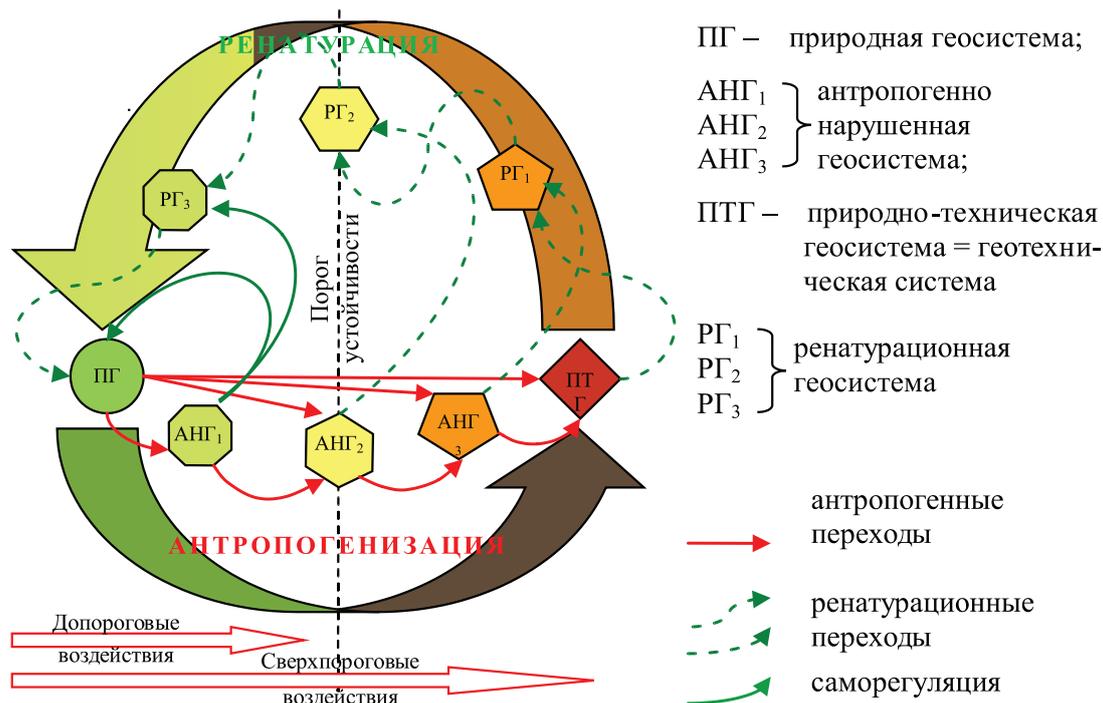


Рис. 1. Структурные переходы геосистем при антропогенизации и ренатурации (количество граней многоугольников обозначает сложность структуры)

Под **ренатурацией** мы понимаем управляемое человеком возвращение природного режима функционирования антропогенно нарушенным геосистемам посредством преимущественного использования естественных механизмов воспроизводства их ресурсного потенциала в пределах экономически приемлемого горизонта планирования. Геосистемы, находящиеся в режиме управляемой ренатурации, снова могут быть вовлечены в специально регламентированное хозяйственное использование. Ренатурация – это экологическая реабилитация антропогенно нарушенных природных комплексов путем управления природными регенерационными процессами, благодаря чему гарантируется восстановление их «здоровья» [18, 21, 22].

Ренатурация предполагает осуществление мероприятий, катализирующих, стимулирующих воспроизводство естественных компонентов. Это обеспечивает более интенсивное и быстрое восстановление экологического потенциала геосистемы [11] (рис. 2, t_1). При этом эти «дотационные» меры не должны выходить за рамки естественных процессов, быть их аналогами и не мешать их протеканию.

Если нарушенные геосистемы не востребованы в хозяйственном использовании и период «ожидания» (заброшенности) сопоставим с характерным временем [2]

выхода ренатурационных геосистем в квазиустойчивое состояние (см. рис. 2, t_2), то управление этим процессом можно считать излишним. Основания синергетики определяют возможность управления самоорганизующимися системами путем малых, правильно распределенных в пространстве и во времени резонансных воздействий [12]. Эти воздействия будут наиболее эффективны в моменты бифуркаций – переходов в новые режимы развития геосистем.

Антропогенные и ренатурационные переходы нетождественны по траекториям, их совокупность имеет характер экологического гистерезиса [15, 24], петля которого незамкнута в связи с необратимостью развития геосистем (см. рис. 2). Превышение антропогенным воздействием порогового уровня приводит к довольно быстрому (зачастую скачкообразному) снижению экологического потенциала геосистемы, который восстанавливается сравнительно медленно. Сохранение высокого уровня внешних воздействий приводит к возникновению «триггерного эффекта» [1] в ренатурационной динамике геосистем: баланс процессов антропогенизации и ренатурации может обуславливать различное положение геосистем в ландшафтно-экологической амплитуде и длительное существование их вторично-производных квазиустойчивых состояний.

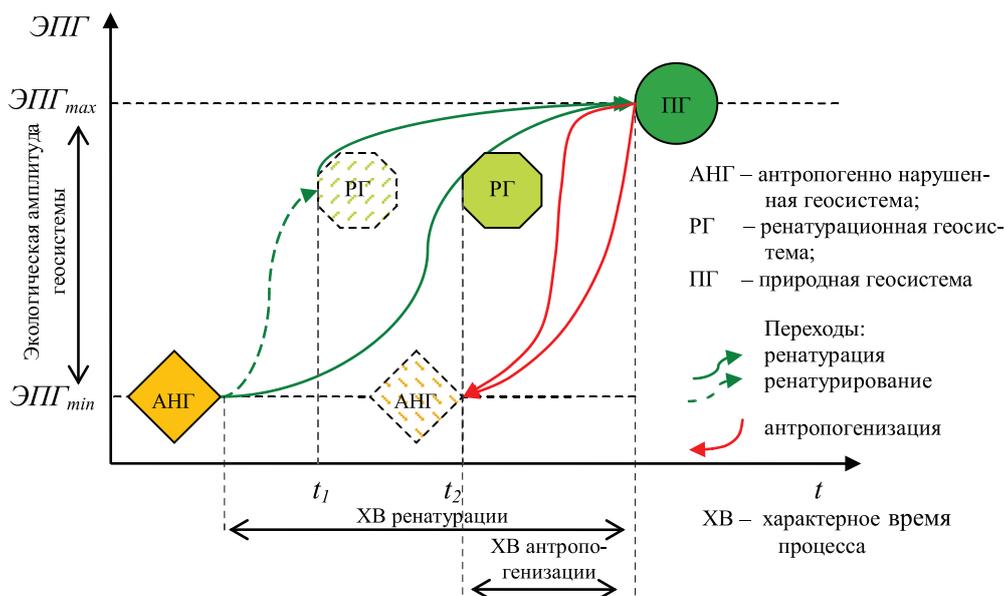


Рис. 2. Восстановление экологического потенциала геосистемы (ЭПГ) во времени (t) при ренатурации и ренатурировании (в сопоставлении с антропогенизацией)

Ренатурационный потенциал геосистем (РПГ) определяется их способностью (возможностью) восстанавливать недостающие (нарушенные) функциональные блоки, межкомпонентные связи, снижать дисбаланс протекания вещественно-энергетических процессов, вызванный нарушением. Он является следствием и характеристикой способности геосистем к самоорганизации. РПГ включает три составляющие: энергетическую, формируемую климатом, рельефом, биотой, субстратом; вещественную, формируемую субстратом (почвообразующей и нижележащими горными породами, которые могут быть экспонированы в ходе вскрышных и т.п. работ), биотой, осадками и седиментами; информационную, определяемую пространственной структурой, организацией во времени (онтогенетическим статусом), ландшафтными и экологическими нишами, интегральными характеристиками, межкомпонентными (вертикальными) и горизонтальными связями.

Ренатурационный потенциал геосистемы тем выше, чем сильнее она выведена из состояния равновесия, т.е. нарушена. В этом заключается фундаментальное отличие РПГ от экологического потенциала геосистемы (ЭПГ), который максимален для ненарушенных природных геосистем и уменьшается по мере их антропогенной деградации [11]. РПГ имеет иерархическую структуру соответственно иерархической организации геосистем: ренатурационный

потенциал (РП) фактора (процесса) → РП компонента → РП геотопа (геомера, если достигнута определенная целостность природного комплекса) – РП геосистемы более высокого иерархического уровня, вплоть до глобального (биосферного). В зависимости от масштаба антропогенных нарушений в геосистеме реализуется ее собственный РП и (пропорционально масштабу и степени нарушений) потенциал ее ландшафтно-экологического окружения.

Биосферное значение и распространенность участков спонтанной ренатурации антропогенно нарушенных геосистем столь велики, что становится очевидной необходимость организации системы мониторинга ренатурационного ресурсопроизводства как составной части экологического управления антропогенно нарушенными геосистемами. Следует подчеркнуть, что речь идет о комплексном мониторинге процессов самоорганизации или ренатурирования антропогенно нарушенных геосистем.

Целью мониторинга ренатурационных геосистем (и процессов) следует считать развернутую в пространстве и во времени оценку эффективности воспроизводства возобновимых ресурсов и степени достижения геосистемами квазиустойчивого (в итоге – климаксного) состояния в рамках зональных аттракторов самоорганизации. Ниже перечислены составляющие мониторинга ренатурационного воспроизводства возобновляемых (биологических и почвенных) ресурсов.

1. Диагностика стартовых условий ренатурации (параметры рельефа, эдафотопы, близость экосистем-доноров, благоприятность биотопов для вселения фауны и др.).

2. Определение аттракторов развития (климаксных значений интегральных показателей ресурсовоспроизводства: предельной мощности гумусового горизонта, зонального уровня запаса фитомассы и др.).

3. Определение онтогенетического статуса компонента геосистемы (положение индивидуального показателя относительно трендовых значений).

4. Оценка парагенетических и парадинамических взаимосвязей нарушенной геосистемы (по интенсивности вещественно-энергетических потоков, возникших вследствие нарушения и перераспределяемых рельефом), анализ экотонных эффектов.

5. Для геосистем, продолжающих испытывать антропогенные возмущения, актуальна также оценка риска повторного нарушения и возвращения к предшествующим стадиям развития.

Представленная (рис. 3) концептуальная схема мониторинга может быть реализована в отношении любого компонента геосистемы, формирующего определенный вид ресурса (почвенный покров, фитоценоз, охотничьи животные и др.). При комплексном мониторинге ренатурационных геосистем в качестве интегральных индикаторов целесообразно использовать показатели биологического круговорота (прежде всего – интенсивность ассимиляции углерода) и энергетические характеристики (запас свободной энергии – эксергии в системе [20], рассеяние тепла (по данным дистанционного зондирования Земли [16]).

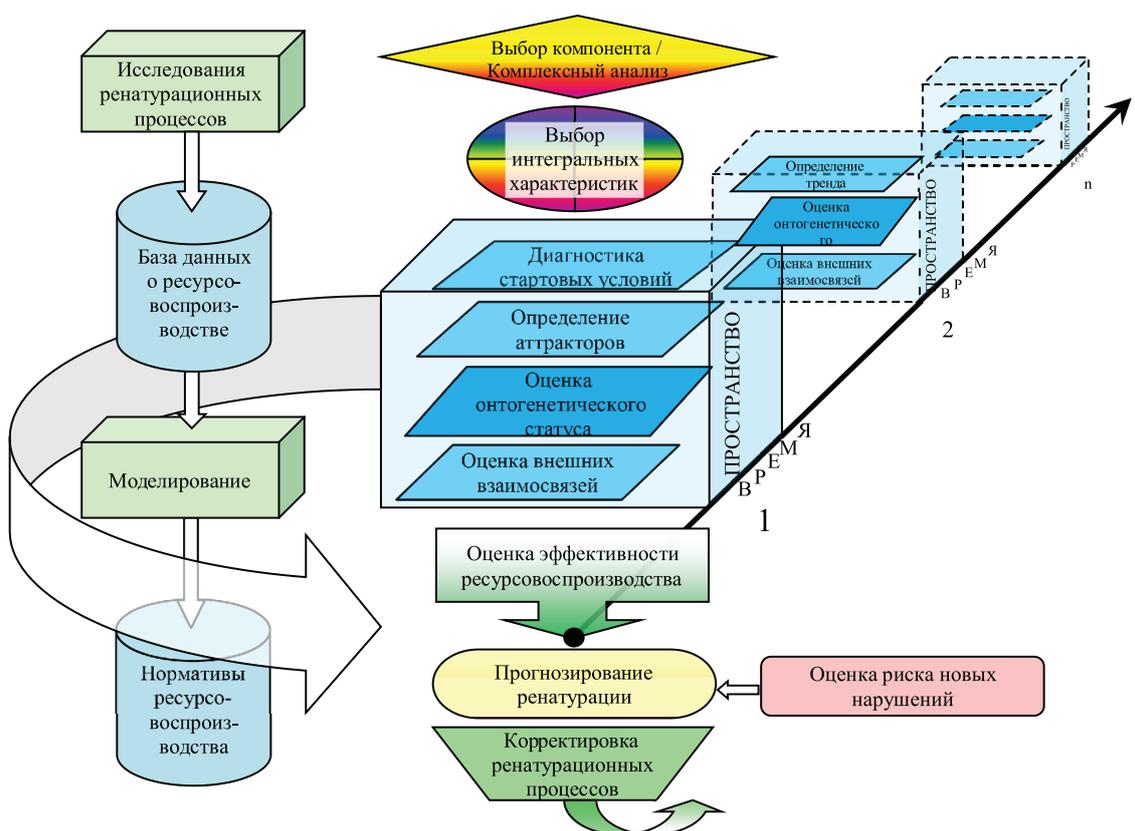


Рис. 3. Схема организации и ведения мониторинга ренатурации геосистем

Организацию системы мониторинга ренатурационных процессов (МРП) в антропогенно нарушенных геосистемах целесообразно осуществлять, исходя из следующих теоретических положений.

1. Процессы ресурсовоспроизводства характеризуются значительной протяженностью во времени, в сравнении с традиционными временными интервалами планирования в сфере экономики и ресурсо-

пользования. Поэтому система мониторинга ресурсопродуктивности во времени должна быть долгосрочной, сопоставимой с характерными временами главных фаз онтогенеза природных компонентов.

2. Характерные времена (ХВ) саморазвития отдельных компонентов геосистем различаются, поэтому организация МРП во времени должна иметь дифференцированный характер. Так, например, практически полное восстановление продукционного блока экосистем происходит за 30–50 лет, в то время как ХВ развития почв превышает вековой хроноинтервал, и в первое столетие они формируют лишь «экологически достаточный» генетический профиль. Для ренатурационных процессов характерно нелинейное замедление, поэтому временные интервалы между этапами мониторинга неравномерны и неравнозначны. Для обоснования локализации «ключевых» хроносрезов МРП целесообразно использовать представление о критических моментах в развитии природных компонентов. Так, мониторинг формирования надземной фитомассы травянистых лугово-степных фитоценозов следует проводить через 5–7, 20–25 и 45–50 лет с начала зарастания поверхности. Мониторинг формирования гумусового горизонта лесостепных черноземовидных почв – через 5–7, 25–30 и 60–70 лет с ноль-момента почвообразования. Корректирующие мероприятия наиболее эффективны в первые два десятилетия ренатурации, когда происходит интенсивный рост ресурсных показателей. Для лесостепных экосистем полувековой этап ренатурации можно считать временем перехода к фазе медленного роста ресурсных показателей, когда дальнейшее ведение мониторинга нецелесообразно – это область прогнозирования ренатурации как самоуправляемого процесса.

3. Процессы ренатурации всегда хорологичны, приурочены к определенному геотопу и программируются его уникальным сочетанием значимых экологических факторов (по отношению к почвам – факторов почвообразования). Поэтому априорная диагностика ренатурационных процессов невозможна, а использование дистанционных методов для локально нарушенных участков ограничено разрешающей способностью дистанционного зондирования. Таким образом, детальный и локальный уровни МРП являются базовыми, а выход на региональный уровень осуществляется путем моделирования на основе данных мониторинга реперных объектов. Глобальный уровень МРП является объектом чистого моделирования.

4. Пространственная локализация реперных объектов МРП должна охватывать ядра ренатурации – экотопы с наиболее благоприятным сочетанием экологических факторов (в условиях недостаточного увлажнения – понижения рельефа), а также участки с длительно сохраняющимися обнажениями (после проведения их ренатурирования ведение МРП становится факультативным).

5. Учитывая эргодичность ренатурационных процессов, после составления карт онтогенетического состояния регенерационных экосистем возможно сокращение числа реперных объектов для однотипных разновозрастных геотопов, учитывая лишь те из них, которые достигли наиболее близкого к критическим моментам развития онтогенетического статуса.

Накопление информации в системе МРП имеет большое значение для планирования землепользования на антропогенно нарушенных землях. Участки, которые, по данным МРП, достигли квазистабильного состояния, могут быть выведены из режима консервации и допущены к специально регламентированному использованию биологических ресурсов, рекреации и другим видам природопользования, приемлемым для территорий экологической компенсации.

Ренатурирование антропогенно нарушенных геосистем должно быть направлено прежде всего на эффективное воспроизводство почв как базового их блока, обеспечивающего устойчивость протекания биогеоценотических процессов. Поэтому важнейшей составляющей экологического управления в отношении антропогенно нарушенных территорий следует считать осуществление стратегий расширенного воспроизводства почвенных ресурсов, сопровождающегося восстановлением относительно равновесного уровня выполнения почвами их экологических функций, в том числе – в комплексе экосистемных услуг [19, 23]. Расширенное воспроизводство почв в антропогенно нарушенных ландшафтах можно рассматривать как процесс формирования и/или прогрессивного развития рецентных почвенных свойств, который является следствием самоорганизации нарушенных геосистем, «отброшенных» по шкале внутреннего времени к предшествующим или даже начальным стадиям развития. В связи с этим стратегии ренатурирования имеют комплексный характер, включают не только выбор отдельных технологий, но и осуществление специального (ренатурационного) режима природопользования.

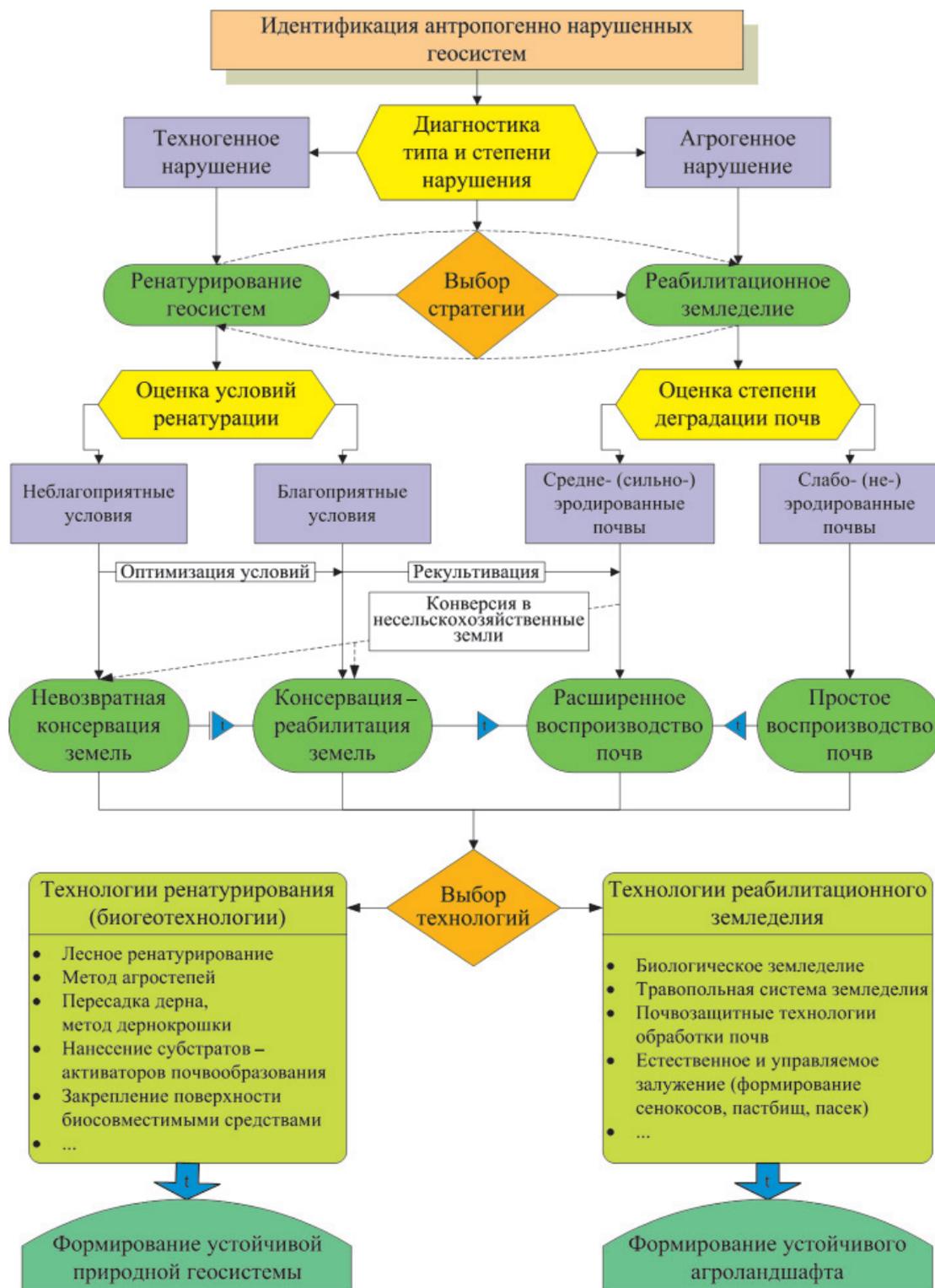


Рис. 4. Выбор стратегий и технологий воспроизводства почв в ходе экологической реабилитации антропогенно нарушенных геосистем

На рис. 4 представлена логическая схема выбора стратегий и технологий воспроизводства почв в ходе экологической реабилитации антропогенно нарушенных геосистем. Дифференциацию

стратегий целесообразно проводить по отношению к двум основным формам нарушения почв: сравнительно быстрому (техногенному) и более медленному – агрогенному.

Заключение

Самоорганизация (ренатурация) антропогенно нарушенных геосистем – процесс, спонтанно стартующий в ситуациях, когда антропогенное воздействие (нарушение) снижается до уровня, при котором возможно закрепление во времени восстановленных/новообразованных структур (почв, растительности). Основания синергетики определяют возможность управления самоорганизующимися системами путем малых, правильно распределенных в пространстве и во времени резонансных воздействий. Эти воздействия будут наиболее эффективны в моменты бифуркаций – переходов в новые режимы развития геосистем. Очевидно, что для успешного управления ренатурацией должен быть четко определен набор естественных состояний геосистем в данных природно-зональных условиях и должны быть известны временные рамки и структурно-функциональные признаки этих переходов.

Ренатурационный потенциал геосистем определяется их способностью (возможностью) восстанавливать недостающие (нарушенные) функциональные блоки, межкомпонентные связи, снижать дисбаланс протекания вещественно-энергетических процессов, вызванный нарушением. Учитывая разнообразие экологических, онтогенетических и эргодических особенностей воспроизводства ресурсных характеристик антропогенно нарушенных геосистем, целесообразно ведение мониторинга ренатурационных процессов (МРП), содержательной частью которого следует считать развернутую в пространстве и во времени оценку эффективности воспроизводства возобновимых ресурсов и степени достижения геосистемами квазиустойчивого (в итоге – климаксно-го) состояния в рамках зональных аттракторов самоорганизации. Система МРП должна стать важной составной частью мониторинга антропогенно нарушенных земель.

В рамках концепции ренатурации могут быть предложены стратегии экологической реабилитации почв в техногенно и агрогенно нарушенных геосистемах на основе мобилизации их ренатурационного потенциала: ренатурирование и реабилитационное земледелие, наиболее востребованным в биосферном отношении компонентом которых следует считать расширенное воспроизводство почв.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта на проведение научно-исследовательских работ по приоритетным направлениям социально-экономического развития Белгородской области (договор № Г-03 от 10.11. 2013 г.).

Список литературы

1. Арманд А.Д. Механизмы устойчивости геосистем. – М.: Наука, 1992. – 208 с.
2. Арманд А.Д., Таргульян В.О. Принцип дополнительности и характерное время в географии // Системные исследования. – М., 1974. – С. 146–153.
3. Голусов П.В., Лисецкий Ф.Н. Воспроизводство почв в антропогенно нарушенных ландшафтах лесостепи. – М.: ГЕОС, 2009. – 210 с.
4. Голусов П.В. Особенности воспроизводства ресурсных характеристик травянистых фитоценозов в антропогенно нарушенных экосистемах лесостепной зоны // Научные Ведомости БелГУ. – Серия Естественные науки. – 2012. – № 3 (112). – Вып. 18. – С. 124–130.
5. Голусов П.В. Ренатурация техногенно нарушенных земель // Экология ЧЦО РФ. – 2002. – № 2 (9). – С. 121–124.
6. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2010 году» / Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. – М., 2012. – URL: <http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/da2/1fevt.rar> (дата обращения: 12.06.2012).
7. Динамика сельскохозяйственных земель России в XX веке и постагрогенное восстановление растительности и почв / Д.И. Люри, С.В. Горячкин, Н.А. Караваева, Е.А. Денисенко, Т.Г. Нефедова. – М.: ГЕОС, 2010. – 416 с.
8. Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 148 с.
9. Доклад о человеческом развитии 2011. Устойчивое развитие и равенство возможностей: лучшее будущее для всех / пер. с англ.; ПРООН. – М.: Изд-во «Весь Мир», 2011. – 188 с.
10. Ежегодник ЮНЕП за 2010 год. Последние научные данные и разработки в области охраны окружающей среды. – Найроби, 2011. – 66 с. – URL: http://www.unep.org/yearbook/2010/PDF/UNEP_book_RU_Web_final.pdf (дата обращения: 23.07.2012).
11. Исаченко А.Г. Введение в экологическую географию. – СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2003. – 192 с.
12. Князева Е.Н., С.П. Курдюмов С.П. Законы эволюции и организации сложных систем. – М.: Наука, 1994. – 236 с.
13. Лисецкий Ф.Н., Голусов П.В. Восстановление почв на антропогенно нарушенных поверхностях в подзоне южной тайги // География и природные ресурсы. – 2011. – № 1. – С. 46–52.
14. Лисецкий Ф.Н., Голусов П.В., Чепелев О.А. Формирование почв Днестровско-Прутского междуречья в голоцене // Почвоведение. – 2013. – № 5. – С. 540–555.
15. Никаноров А.М., Б.Л. Сухоруков Б.Л. Об экологическом гистерезисе // Доклады Академии наук. – 2008. – Т. 422. – № 6. – С. 811–814.
16. Сандлерский Р.Б., Пузаченко Ю.Г. Термодинамика биогеоценозов на основе дистанционной информации // Журнал общей биологии. – Т 70. – № 2. – Март-Апрель 2009. – С. 121–142.
17. Смелянский И. Сколько в степном регионе России залежей? // Степной бюллетень. – 2012. – № 36. – С. 4–7.
18. Costanza R., Norton B.G., Haskell B.D. (eds.) Ecosystem health: New goals for environmental management. – Washington, D.C.: Island Press, 1992 – 269 p.
19. Daily G. (eds.) Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems. – Washington: Island Press, 1997. – 392 pp.
20. Jørgensen S.E., Svirezhev Y.M. Towards a Thermodynamic Theory for Ecological Systems. – Oxford: Elsevier. 2004. – 369 p.
21. Rapport D.J. What constitutes ecosystem health ? // Perspectives in biology and medicine. – 1989. – № 33. – P. 120–132.
22. Rapport D.J., Costanza R., McMichael A.J. Assessing ecosystem health // TREE. – Vol. 13. – 1998. – № 10. – P. 397–402.

23. Robinson D.A., Lebron I., Vereecken H. On the Definition of the Natural Capital of Soils: A Framework for Description, Evaluation, and Monitoring // Soil Science Society of America Journal. – 2009. – Vol. 73. – № 6. – P. 1904–1911.

24. Scheffer M., Carpenter S., Foley J.A. Catastrophic shifts in ecosystems // Nature. – 2001. – Vol. 413. – № 11. – P. 591–596.

References

1. Armand A.D. *Mehanizmy ustoichivosti geosistem* [Mechanisms of resistance of geosystems]. Moscow, Nauka, 1992. 208 p.

2. Armand A.D., Targul'yan V.O. *Princip dopolnitel'nosti i harakternoe vremya v geografii* [The principle of subsidiarity and the characteristic time in geography]. System Research. Moscow, 1974. pp. 146–153.

3. Goleusov P.V., Liseckii F.N. *Vosproizvodstvo pochv v antropogенно narushennykh landshaftah lesostepi* [Regeneration of soils in anthropogenically disturbed landscapes of forest-steppe zone]. Moscow, GEOS, 2009. 210 p.

4. Goleusov P.V. *Osobennosti vosproizvodstva resursnykh harakteristik travyanistyykh fitocенозов v antropogенно narushennykh ekosistemah lesostepnoi zony* [Features of reproduction resource characteristics of herbaceous phytocenoses in anthropogenically disturbed ecosystems, forest-steppe zone] // Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences. 2012. no. 3 (112). Issue 18. pp. 124–130.

5. Goleusov P.V. *Renaturaciya tehnogенно narushennykh zemel'* [Renaturation technologically disturbed lands] // Ecology of the Central-Chernozem Region of Russia. no. 2 (9). 2002. pp. 121–124.

6. Gosudarstvennyi doklad «O sostoyanii i ob ohrane okrujayuschei srede Rossiiskoi Federacii v 2010 godu» [State report «On the state and Environmental Protection of the Russian Federation in 2010»] / Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation. M. 2012. Available at: <http://www.mnr.gov.ru/upload/iblock/da2/1fevr.rar> (accessed 12 June 2012).

7. *Dinamika sel'skohozyaystvennykh zemel' Rossii v XX veke i postagrogennoe vosstanovlenie rastitel'nosti i pochv* [Dynamics of agricultural lands of Russia in XX century and postagrogenic restoration of vegetation and soils] / D.I. Lyuri, S.V. Goryachkin, N.A. Karavaeva, E.A. Denisenko, T.G. Nefedova. Moscow, GEOS, 2010. 416 p.

8. *Doklad o sostoyanii i ispol'zovanii zemel' sel'skohozyaystvennogo naznacheniya* [Report on the status and use of agricultural land]. Moscow, FGBNU «Rosinformagroteh», 2011. 148 p.

9. *Doklad o chelovecheskom razvitii 2011. Ustoichivoe razvitie i ravenstvo vozmojnostei: luchshee budushee dlya vseh* [Human Development Report 2011 Sustainability and Equity: A Better Future for All]. Moscow, «All World» Publ., 2011. 188 p.

10. *Ejegodnik UNEP za 2010 god. Poslednie nauchnye dannye i razrabotki v oblasti ohrany okrujayuschei srede* [UNEP YEAR BOOK 2010. New science and developments in our changing environment]. Nairobi, 2011. 66 p. Available at: http://www.unep.org/yearbook/2010/PDF/UNEP_book_RU_Web_final.pdf (accessed 23 July 2012).

11. Isachenko A.G. *Vvedenie v ekologicheskuyu geografuyu* [Introduction to environmental geography]. St. Petersburg, St. Petersburg State University Publ., 2003. 192 p.

12. Knyazeva E.N., Kurdyumov S.P. *Zakony evolyucii i organizacii slojnykh system* [The laws of evolution and the organization of complex systems]. Moscow, Science, 1994. 236 p.

13. Liseckii F.N., Goleusov P.V. *Vosstanovlenie pochv na antropogенно narushennykh poverhnostyakh v podzone yujnoi taigi* [Restoring soils on anthropogenically disturbed surfaces in the southern taiga subzone]. Geography and natural resources, 2011, no. 1, pp. 46–52.

14. Liseckii F.N., Goleusov P.V., Chepelev O.A. *Formirovanie pochv Dnestrovsko-Prut'skogo mejdurech'ya v golocene* [Soil formation of Dniester-Prut interfluvium in the Holocene]. Eurasian Soil Science (Pochvovedenie), 2013, no. 5, pp. 540–555.

15. Nikanorov A.M., Suhorukov B.L. *Ob ekologicheskom gisterезe* [About environmental hysteresis]. Reports of the Russian Academy of Sciences, 2008, Vol. 422, no. 6, pp. 811–814.

16. Sandler'skii R.B., Puzachenko Yu.G. *Termodinamika biogeocенозов na osnove distancionnoi informacii* [Thermodynamics of ecosystems on the basis of remote sensing information]. Journal of General Biology, Vol. 70, no. 2 (March-April), pp. 121–142.

17. Smelyanskii I. *Skol'ko v stepnom regione Rossii zalejei?* [How many in the steppe region of Russia abandoned land?]. Steppe Bulletin, 2012, no. 36, pp. 4–7.

18. Costanza R., Norton B.G., Haskell B.D. (eds.) *Ecosystem health: New goals for environmental management*. Washington, D.C., Island Press, 1992, 269 p.

19. Daily G. (eds.) *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Washington, Island Press, 1997, 392 pp.

20. Jørgensen S.E., Svirezhev Y.M. *Towards a Thermodynamic Theory for Ecological Systems*, Oxford, Elsevier, 2004, 369 p.

21. Rapport D.J. *What constitutes ecosystem health? Perspectives in biology and medicine*, 1989, no. 33, pp. 120–132.

22. Rapport D.J., Costanza R., McMichael A.J. *Assessing ecosystem health*. TREE, Vol. 13, 1998, no. 10, pp. 397–402.

23. Robinson D.A., Lebron I., Vereecken H. On the Definition of the Natural Capital of Soils: A Framework for Description, Evaluation, and Monitoring. Soil Science Society of America Journal, 2009, Vol. 73, No. 6, pp. 1904–1911.

24. Scheffer M., Carpenter S., Foley J.A. *Catastrophic shifts in ecosystems*. Nature, 2001, Vol. 413, no. 11, pp. 591–596.

Рецензенты:

Чендев Ю.Г., д.г.н., доцент, заведующий кафедрой природопользования и земельного кадастра, ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород;

Корнилов А.Г., д.г.н., доцент, заведующий кафедрой географии, геоэкологии и безопасности жизнедеятельности, ФГАОУ ВПО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород.

Работа поступила в редакцию 10.10.2014.