

Проект РФФИ 13-05-00821

Критерии эмерджентных свойств пространственной структуры ландшафта

Срок выполнения: 2013-2015 гг.

Руководитель проекта

Авессаломова Ирина Анатольевна

Участники проекта:

Хорошев Александр Владимирович, доцент

Емельянова Люмила Георгиевна, доцент

Леонова Надежда Борисовна, ведущий научный сотрудник

Хрусталева Марина Антоновна, старший научный сотрудник

Мерекалова Ксения Алексеевна, младший научный сотрудник

Косицкий Алексей Григорьевич, старший преподаватель

Матасов Виктор Михайлович, инженер

Шевченко Борис Павлович, инженер

Школьный Данила Игоревич, инженер

Ключевые слова:

ландшафт, эмерджентные свойства, критерии, пространственная структура, поток, катена, бассейн, барьер, фауна, геохимическая структура, антропогенная трансформация

Аннотация содержания проекта

Проект направлен на исследование механизмов формирования эмерджентных свойств ландшафтной структуры на примере агроландшафта в среднетаежной подзоне Архангельской области. Основные задачи проекта: 1) выявить условия возникновения эмерджентных свойств геосистем, состоящих из условно зональных (лесных, в том числе вторично-лесных, болотных) и антропогенных урочищ (полевых, луговых), 2) установить критические площадные соотношения условно зональных и антропогенных урочищ, при которых происходит нарушение зональных геохимических свойств почв и вод, фаунистического разнообразия в геосистеме более высокого ранга, 3) установить критерии оптимального взаиморасположения условно зональных и антропогенных урочищ в бассейне и катене, способствующего сохранению экологических функций при интенсивных антропогенных нагрузках. Основным подходом заключается в комбинации возможностей пространственного анализа и ландшафтно-геохимических методов для выявления причинно-следственных связей между характеристиками пространственной структуры ландшафта «на входе» и свойствами потоков косного (химические свойства вод, почв, биологическое поглощение) и живого вещества (фаунистическое разнообразие) «на выходе». Проект исходит из допущения, что площадные соотношения и взаиморасположение пространственных элементов, оцененные на нескольких иерархических уровнях организации геосистем, являются самостоятельным фактором формирования эмерджентных эффектов геосистем. Задачи проекта предлагается решать на примере трех иерархических уровней геосистем: катены, малого бассейна и ландшафта. Предлагаемое многокомпонентное исследование ставит задачу исследования радиальных связей как механизма нейтрализации неблагоприятных латеральных потоков. По материалам многокомпонентного исследования ландшафта (морфолитоогенная основа, почвы, воды, растительный покров, животное население) предполагается разработать количественные критерии экологически эффективных соотношений угодий в агроландшафте лесной зоны.

Цели проекта на 2013 год

- 1) Провести классификацию элементарных ландшафтов, катен и малых бассейнов по предпосылкам к интенсивной латеральной миграции вещества.
- 2) Провести классификацию ландшафтного покрова и расчет индексов пространственной структуры как гипотетических условий распределения плотности популяций индикаторных видов фауны.
- 3) Выбрать информативные малые бассейны, обеспечивающие полный ряд по степени антропогенной трансформации ландшафтной структуры и рассчитать для них соотношения видов нарушенных и малонарушенных угодий.
- 4) Установить основные педогеохимические, литогеохимические, гидрохимические и биогеохимические параметры фоновых и антропогенно нарушенных урочищ.
- 5) Ранжировать малые бассейны по степени отклонения от регионального фона вследствие сельскохозяйственного землепользования, влияния инфраструктуры населенных пунктов и/или обезлесения на основании гидрохимических данных
- 6) Установить параметры радиальной миграции вещества и вовлечения загрязняющих веществ в биологический круговорот для модельных катен
- 7) Рассчитать плотность популяций ключевых для исследования видов в фоновых лесных условиях, изолированных лесных фитоценозах малого и большого размера, луговых и полевых угодьях.

В 2013 году выполнены проведены полевые исследования среднетаежного ландшафта в Архангельской области. На 10 катенах проведено опробование почв (85 разрезов), вод (11 показателей в 10 малых водотоках и в трех створах основной реки, в 4-кратной повторности во все сезоны), фитомассы (68 образцов с разбором по фракциям), донных отложений (9 малых бассейнов). Определены содержания макроэлементов в почвах, микроэлементов и зольности в растительных образцах (укосы в луговых, пахотных, лесных угодьях), основных ионов и биогенных веществ в водах. Составлены цифровая модель рельефа масштаба 1:10000 и рассчитаны на ее основе морфометрические показатели рельефа, характеризующие зоны рассеяния, транзита и аккумуляции вещества. Проведена классификация типов ландшафтного покрова по космическому многоканальному космическому снимку. Получены зимние и весенние данные о пространственных закономерностях снегонакопления, промерзания и оттаивания почв. Проведены зимние и летние маршрутные учеты численности индикаторных видов фауны на 5 ключевых участках.

Полученные в 2013 году важнейшие результаты

Задача 1: Провести классификацию элементарных ландшафтов, катен и малых бассейнов по предпосылкам к интенсивной латеральной миграции вещества.

В ходе полевых исследований проведено описание катенарной организация агроландшафта и установлены предпосылки латеральной и радиальной миграции вещества, а также потенциал проявления буферной роли отдельных элементарных ландшафтов по отношению к аквальному комплексам. Проведено сравнительное исследование миграционной структуры 10 катен с полностью или частично распаханной верхними и средними звеньями и их классификация по соотношению ширины трансэлювиальных, трансаккумулятивных, супераквальных элементарных ландшафтов, ширине автономных террас, расположенных между поймами и делювиальными шлейфами.

Морфологическая структура агроландшафтов приподнятой части Устьянского структурного плато, которое пересекает долина р.Заячья, обусловлена преобладанием хорошо дренированных моренно-эрозионно-озерно-ледниковых равнин с цоколем из пестроцветных толщ сухонской свиты верхней перми, прорезаемых современной речной сетью. К числу типичных доминантных относятся гетеролитные катены, в которых

автономные ландшафты формируются на моренных или озерно-ледниковых отложениях, трансэлювиальные – на пермских мергелях. Нижние звенья включают трансаккумулятивные ландшафты делювиальных шлейфов, появление которых связано с усилением механической миграции при распашке, а также автономные ландшафты речных террас (аккумулятивных или цокольных) и супераквальные поймы. Обобщенно структура доминантных катен имеет следующий вид: $A \rightarrow Tэ \rightarrow Ta \rightarrow A \rightarrow Sq \rightarrow Aq$.

Однако их модифицированные варианты различаются по набору, соотношению и соседству сопряженных комплексов с разным типом биологического круговорота (БИКа), по условиям миграции элементов, контрастности и формированию геохимических барьеров, что определяет своеобразие и эмерджентные свойства конкретных элементарных водосборов.

На основании анализа крупномасштабных ландшафтно-геохимических карт установлено: в соответствии с рисунком гидрографической сети элементарные водосборы мелких рек, различающихся по катенарной структуре, в большинстве случаев не находятся в непосредственном соседстве, а разделяются участками склонов с типичными катенами, латеральные потоки которых ориентированы непосредственно к пойме Заячьей. При чередовании таких типичных катен (катены I порядка) с катенами мелких рек (катены II порядка) они могут иметь общее начало в автономных ландшафтах водораздельных равнин. Пространственное сочетание каскадных геосистем с катенарными структурами разных порядков связано с блоковым строением территории и наличием линеаментов, определяющих особенности гидрографической сети и эрозионного расчленения в разных частях плато.

Наряду с природными факторами, определяющими морфологическое строение катен, их структурно-функциональная организация зависит от степени антропогенного прессинга, связанного с сельскохозяйственным использованием земель. Следствие этого – появление элементарных водосборов с различным сочетанием полей, залежей и природных комплексов с естественной растительностью, составляющих экологический каркас агроландшафта.

Установлены следующие особенности катенарной структуры элементарных водосборов

Элементарные водосборы, сохранившие естественную миграционную структуру и тип БИКа и выступающие как фоновые эталоны, пользуются ограниченным распространением в верховьях р. Стругицы и р. Козловки.

На левобережье Козловки они приурочены к моренно-эрозионной равнине, расчлененной серией параллельных ложбин. Доминируют лесные катены, латеральная контрастность которых обусловлена гетеролитностью субстрата и различным сочетанием типоморфных ландшафтно-геохимических процессов в верхних и нижних звеньях. Для автономных ландшафтов H-класса с березово-сосновыми кисличниками и березово-еловыми черничниками на подзолистых иллювиально-железистых почвах, формирующихся на двучленных отложениях или моренных суглинках, характерно преобладание кислого выщелачивания над биогенной аккумуляцией. На склонах с елово-березовыми травяными лесами при близком залегании мергелей увеличивается роль биогенной аккумуляции и формируется хорошо выраженная щелочно-кислотная зональность в почвах (вскипание от HCl в горизонте B). Такие трансэлювиальные комплексы непосредственно контактируют с супераквальными ландшафтами поймы Козловки (H-Ca-Fe, H-Fe-классы) с ивово-ольховыми лесами, где смена типоморфного комплекса процессов связана с развитием детритогенеза и изменением окислительно-восстановительной обстановки на глеевую.

В связи с расчленением левобережья Козловки часть латерального грунтового стока перехватывается ложбинами, днища которых являются заключительным звеном неполных геохимических сопряжений. От врезанных в моренные суглинки водосборных понижений с сосново-березовыми травяными лесами и дерново-глеевыми почвами вниз по ложбинам в элювиально-аккумулятивных ландшафтах днищ отмечено появление щебня мергелей и увеличение роли высокотравья. При выходе на пойму формируются конуса выноса с

таволжатниками. В структуре фоновых элементарных водосборов, где латеральные барьеры зафиксированы на пойме Козловки, появление ложбин играет двойную роль: 1) способствует дифференциации стока и 2) создает предпосылки возникновения дополнительных линейно вытянутых глеевых и фитобарьеров по их днищу.

В среднем течении Козловки основные преобразования связаны со снижением расчлененности коренных склонов и увеличением биогеохимической неоднородности катен за счет появления залежей. Зарастающие порослью березы бобово-злаково-разнотравные луга трансэлювиальных позиций соседствуют с вторичными лесами автономных и крупнотравными пойменными лугами супераквальных ландшафтов. Несмотря на морфологическое сходство катен трансформация растительного яруса и его сукцессионные смены сопровождаются изменением биопродукционного процесса и интенсивности вовлечения элементов в БИК в соответствии с увеличением числа видов с разной филогенетической специализацией.

В нижнем течении перестройка катен заключается в появлении делювиальных шлейфов, налегающих на низкую цокольно-аккумулятивную террасу, что усложняет структуру гетерономных звеньев геохимических сопряжений.

Усложнение внутренней организации элементарных водосборов в агроландшафтах Устьянского плато обусловлено различиями катенарной структуры в верховьях малых рек и в нижнем течении, где их долины пересекают террасы и пойму Заячьей. Это сопровождается изменением соотношения площадей сопряженных комплексов, хотя имеет свою специфику в конкретных элементарных водосборах. К числу таких относится бассейн Смутихи (правобережье Заячьей).

Для верховьев Смутихи на правобережье типичны гетеролитные агрокатены, включающие элементарные ландшафты: 1) автономные выровненных междуречий, сложенных с поверхности моренными суглинками; 2) трансэлювиальные крутых склонов с выходами пермских мергелей; 3) трансаккумулятивные делювиальных шлейфов; 4) автономные узкой террасы Смутихи. Естественная растительность, которая способна выполнять буферную роль, сохранилась в супераквальных ландшафтах поймы и представлена ивово-ольховыми высокотравными зарослями с участием в травяном покрове большого количества сорных видов. Отличительной чертой правобережья в верховьях является развитие плоскостного смыва при узкой зоне аккумуляции в нижних частях склонов и непосредственный контакт полевых культур с пойменными фитоценозами.

Отличие левобережья связано с наличием серии ложбин, четко выделяющихся на крутых склонах, исчезающих в пределах делювиального шлейфа или продолжающихся в виде неявно выраженных вытянутых понижений и вновь появляющихся на склоне террасы Смутихи. Трансформация миграционной структуры заключается в увеличении набора катен и соседстве полных и неполных геохимических сопряжений. Неполные сопряжения заканчиваются элювиально-аккумулятивными ландшафтами днищ ложбин. В период снеготаяния увеличивается их роль как каналов перехвата склонового стока талых вод. Во время снеготаяния, соотношение латеральных и радиальных потоков определяется глубиной промерзания почв и скоростью оттаивания почв по отношению к скорости схода снежного покрова. Зимние и весенние наблюдения показали, что максимальным промерзанием (до 80 см) отличаются выпуклые прибрежные части склонов, минимальным – поймы и днища ложбин (23 см). Глубина промерзания (в среднем на междуречьях и склонах 33 см) зависит от сочетания целого ряда факторов (мощности снежного покрова, удаленности от бровки склона, положения в рельефе, типа угодья). В зависимости от экспозиции склона промерзание дифференцировано слабо, единой закономерности на ландшафтном уровне не наблюдается. На склонах южной экспозиции снижение мощности снежного покрова способствует увеличению глубины промерзания почв. Нет прямой зависимости глубины промерзания от уклона, плановой и профильной кривизны, сомкнутости крон. Оттаивания почвы в большинстве случаев происходит

практически сразу после схода снежного покрова; на южных и западных склонах весенний латеральный сток может отсутствовать. Однако на северных и восточных склонах возможно сохранение промерзшей почвы ниже сохранившихся снежников на расстоянии до 10-20 м: при оттаивании верхних 5-10 см почвы и сохранении промерзания в более глубоких горизонтах, в ней формируются эрозионные борозды и активизируется латеральные потоки в виде смыва мелкозема в днища долин и ложбин. Днища ложбин заняты разнотравно-овсяницево-тимофеевковыми, бобово-разнотравно-злаковыми лугами или березовыми перелесками. Одним из эффектов такого сочетания различающихся по структуре катен является разрыв единого ареала агроценозов и их чередование с двумя видами фитобарьеров: 1) линейно ориентированных вниз по склону барьеров, связанных с лугами по днищам ложбин; 2) локальных, пространственно разобщенных латеральных барьеров у подножья крутых склонов на оконечностях ложбин, маркирующихся небольшими массивами березовых лесов. В отличие фоновых элементарных водосборов кислородная обстановка в почвах элювиально-аккумулятивных ландшафтов исключает возможность появления глеевого барьера в нижних звеньях неполных геохимических сопряжений. В низовьях Смутихи происходящие изменения захватывают нижние звенья агрокатен. Основные из них: 1) возрастание площади делювиальных шлейфов, выходящих на террасу Заячьей, что свидетельствует об увеличении зоны аккумуляции продуктов механогенеза; 2) включение в состав сопряжений сохранившихся лесов в краевой части террасы и на ее склоне, исключающих контакт агроценозов с пойменными лугами; 3) развитие глеевой обстановки в пойме Смутихи – росту ее гидроморфности способствует, очевидно, весеннее половодье на Заячьей. Возможность влияния этих вод на супераквальные ландшафты поймы Смутихи позволяет отнести катены в ее нижнем течении к разряду аллохтонных в отличие от автохтонных в верховьях. Сочетание автохтонных и аллохтонных катен характерно для бассейнов многих притоков Заячьей (р. Камешница, Мозголиха, Становская балка и др.).

Своеобразие зоны контакта полей с элементами экологического каркаса (лесные, луговые комплексы) в нижних частях катен зависит от ландшафтной структуры долин в разных частях речных бассейнов. По набору элементарных ландшафтов с разной степенью автономности и подчиненности выделяется несколько вариантов контактных зон. Основные из них следующие.

Первый вариант (1) включает следующие звенья: распаханые коренные склоны (Тэ), расчлененные логами (ЭА), либо также распаханые, либо с злаково-разнотравными лугами и порослью ивы по днищам → пролювиальные конуса выноса логов и делювиальные шлейфы (Та), налегающие на неширокую низкую аллювиальную террасу с посевными культурами (А) → залесенные склоны террасы (Тэ), прорезанные оврагами (на продолжении тальвегов логов) с мезотрофными высокотравными лугами по днищам → конуса выноса оврагов (Та) с таволжатниками, наложенные на пойму (Са_q) с разнотравными ольшаниками и староречными понижениями.

Такая пространственная структура нижних звеньев катен обеспечивает аккумуляцию химических элементов на двух разобщенных высотных уровнях: на делювиальном шлейфе и на конусах в пойме, где в половодье и во время паводков вовлечение продуктов механогенеза в водные потоки может оказывать влияние на твердый сток и состав донных отложений. Развитие линейной эрозии и ее усиление на склонах террасы способствует близкому соседству культурных посевов с суходольными, мезотрофными, влажнотравными лугами, хвойными и мелколиственными лесами. Этот вариант контактных зон встречается на левобережье Заячьей выше Заячерецкого погоста.

При отсутствии линейных эрозионных форм на коренных склонах и широкой аллювиальной террасе (вариант 2) область аккумуляции не выходит за пределы делювиального шлейфа, а граница агроценозов с лесными комплексами зависит от степени распаханности террасы и часто приближена к ее склону (левобережье Смутихи в нижнем течении и др.). При полном сведении лесов на террасе и ее пологом склоне

полевые культуры контактируют с пойменными лугами; различия окислительно-восстановительной обстановки усиливают контрастность этих сопряженных комплексов (правобережье Заячьей между водосборными бассейнами Смутихи и Камешницы).

Третий вариант (3) предполагает сопряжение коренных склонов с низкими цокольно-аккумулятивными террасами – пески на пермских породах (правобережье Межницы Заячерецкой).

При распашке коренных склонов, делювиальных шлейфов и низких террас выраженность линейных эрозионных форм различается в разных частях катен: ложбины на склонах почти полностью сглаживаются в трансаккумулятивных ландшафтах, но при близком залегании мергелей хорошо прослеживаются в краевой части террасы, придавая ее поверхности волнистый характер. Следствием чередования ложбинообразных понижений с повышениями является часто меняющаяся степень увлажнения почв, а при застое талых и дождевых вод в понижениях – вымокание посевов, что визуально фиксируется по цвету и высоте трав. На крутых склонах террасы с еловыми мертвопокровными и мелкотравными лесами с участием бореальных и неморальных видов врез логов увеличивается. Они прорезают коренные породы цоколя, принимают вид глубоких крутосклонных промоин и при отсутствии поймы резко обрываются к руслу Межницы Заячерецкой. В нижнем звене катены в периоды активной линейной эрозии (например, в период снеготаяния) доминирует транзит вещества с жидким и твердым стоком.

Когда в результате меандрирования реки крутые склоны цокольно-аккумулятивной террасы соседствуют с поймой, ниже уступа коренных пород ее поверхность осложнена делювиальными шлейфами, фиксирующими фазу аккумуляции вещества при механогенезе.

На более пологих склонах террасы, занятых лугами и мелколиственными лесами и сочленяющихся с поймой, по днищу слабовыраженных ложбинообразных понижений наблюдается нарастание гидроморфности, развитие оглеения в почвах, увеличение доли гидрофитов в травяном покрове мелколиственно-ольховых лесов и постепенный переход к разнотравно-злаково-таволговым пойменным лугам.

Катены с участием в нижних звеньях высоких цокольно-аккумулятивных террас (вариант 4 – левобережье Заячьей ниже Заячерецкого погоста) отличаются по соседству доминантных и субдоминантных элементарных ландшафтов и высокой контрастностью обстановок водной миграции элементов.

Структурные изменения связаны с расширением площади трансаккумулятивных ландшафтов делювиальных шлейфов, полностью перекрывающих террасу почти до бровки крутых склонов. Еловые и мелколиственно-сосново-еловые леса по границе полей выполняют функцию буфера, ограничивая зону аккумуляции при плоскостном смыве. Транзит вещества ниже по катене осуществляется по каналам линейной эрозии, а его аккумуляция происходит частично на днище логов, о чем свидетельствует наличие погребенных горизонтов в почвах, частично в нижней части логов на конусах выноса, наложенных на пойму. Таким образом, аккумуляция в нижних звеньях катены имеет дискретный характер и включает механические барьеры, связанные с линейно-вытянутыми потоками рассеяния и сопряженными с ними локальными зонами аккумуляции.

Влияние карбонатного субстрата усиливается в трансэлювиальных ландшафтах коренных склонов и в элювиально-аккумулятивных комплексах ложбин, днища которых в прибровочной части цокольно-аккумулятивной террасы врезаны в пермские мергели; ослабляется – на делювиальных шлейфах. Одним из эффектов пространственного соседства различных классов элементарных ландшафтов (Н-, Н-Са-, Са-класса) является мозаичность щелочно-кислотных условий в катенах, создающая предпосылки возникновения щелочных и кислых барьеров.

Контрастность окислительно-восстановительной обстановки обусловлена резким переходом от крутых склонов террасы к пойме Заячьей, особенно при наличии

заболоченных притеррасных понижений с осоковыми лугами и аллювиальными дерново-глеевыми почвами. Тыловой шов поймы и краевые части конусов выноса при высачивании грунтовых вод маркируются полосой таволжатника. Контакт трансэлювиальных, трансаккумулятивных и супераквальных ландшафтов предопределяет формирование барьерной зоны, включающей кислородные и глеевые барьеры, пространственно совмещенные с биогеохимическими.

Рассмотренные геохимические сопряжения не исчерпывают всего разнообразия катен, между которыми возможны переходные варианты, но отражают общие закономерности структурно-функциональной организации агроландшафтов Устьянского плато. Проведенный анализ позволил наметить для более детального исследования эталонные катены, различающиеся по внутренней неоднородности, контрастности, комплексу типоморфных геохимических процессов, латеральным связям и репрезентативные для выявления эффектов пространственного соседства сопряженных элементарных ландшафтов с естественным и аграрным типами биологического круговорота.

Задача 2: Провести классификацию ландшафтного покрова и расчет индексов пространственной структуры как гипотетических условий распределения плотности популяций индикаторных видов фауны.

Для анализа зависимости фаунистического разнообразия от пространственной структуры ландшафта выбраны пять ключевых лесных участков. Первый участок представляет собой средневозрастной слабонарушенный массив соснового леса на террасе реки Заячьей площадью 1.1 кв.км. Он окружен сельскохозяйственными угодьями, находящимися в зерно-паро-травяном севообороте, и пойменными лугами и редколесьями. Расстояние до ближайшего крупного лесного массива составляет около 1800 м. Второй участок аналогичного по ландшафтным характеристикам соснового леса также расположен на террасе Заячьей выше по ее течению в районе устья ручья Мозголиха, однако площадь его на порядок меньше (0.1 кв.км), а степень нарушенности выше. Этот участок также непосредственно соседствует с сельскохозяйственными угодьями, залежью и луговой поймой р. Заячьей. Расстояние до первого участка составляет 900 м, до лесного массива на междуречье – около 4 км. Третий участок выбран как репрезентативный для самых малых островных лесных массивов, имеет площадь 0.05 кв.км и расположен на склоне и вершинной поверхности узкого крутосклонного останца, сложенного пермскими мергелями, на междуречье рек Межница Заячерецкая и Козловка недалеко от их впадения в р. Заячью. Он представляет собой крайне мозаичный лесной фитоценоз с участием ели, сосны и мелколиственных пород в древостое, разной степени сомкнутости и нарушенности. Этот участок окружен зарастающими полями, расстояние до ближайшего обрабатываемого угодья составляет 300 м, до крупного лесного массива на другом берегу р. Козловки (участок 5) – 500 м, до лесного массива в пределах этого же междуречья – 3 км. Четвертый участок площадью 1 кв. км расположен на междуречной поверхности и представляет собой слабонарушенный в центральной части фрагмент сосняка черничника, окруженный зарастающими мелколиственными породами вырубками. Этот участок также соседствует с сельскохозяйственными угодьями с трех сторон, однако на востоке граничит с крупным лесным массивом через достаточно узкую (400 м) полосу зарастающей вырубki. Пятый участок представляет собой сильно нарушенный сосново-елово-мелколиственный лес на междуречном увале ручьев Козловка и Стругница площадью 1.4 кв.км, сильно врезающийся в агроландшафт, однако непосредственно примыкающий к зональным среднетаежным лесам.

По результатам классификации космического снимка SPOT выделено 10 типов ландшафтного покрова: зрелые хвойные леса, смешанные хвойно-мелколиственные леса и молодые хвойные леса, молодые лиственные леса, редколесья, подрост и кустарники, естественные луга, два класса залежей и два класса обрабатываемых полей. Проведенные расчеты показали, что максимальным ландшафтным разнообразием при учете

окрестностей радиусом до 200 м из рассматриваемых ключевых участков характеризуется участок №3 – минимальный по площади, однако расположенный в наиболее контрастных ландшафтных условиях. Также большое разнообразие характерно для участка №2, имеющего сходную площадь и положение в рельефе, но более гомогенный растительный покров. Все три крупных по площади участка при расчете индекса Шеннона в узких окрестностях закономерно характеризуются повышенным ландшафтным разнообразием на границах и низким разнообразием в ядрах. Однако при учете более широкого соседства (радиус 300-400 м) проявляется дифференциация – наибольшее ландшафтное разнообразие наблюдается на участке №4, т.е. в ситуации, где условно зональные таежные леса соседствуют с разновозрастными вырубками и залежами. При дальнейшем увеличении окрестности расчета (радиус 500 и более м) растет индекс разнообразия участка №1, а ландшафтное разнообразие участка №3, наоборот, снижается. Единственный ключевой участок, непосредственно примыкающий к массиву междуречных лесов, характеризуется пониженным ландшафтным разнообразием во всех рассмотренных окрестностях. Таким образом, индекс ландшафтного разнообразия оказался чувствителен к масштабу исследования (небольшие по площади фрагменты лесов отличаются большим разнообразием в крупном масштабе), а также к степени нарушенности коренных фитоценозов, особенно к соседству участков леса, находящихся на разных стадиях восстановительной сукцессии. Такая закономерность может быть важна для видов животных, обладающих разными требованиями к жизненному пространству и условиям среды.

Рассчитанный индекс близости, отражающий степень изолированности рассматриваемых лесных фитоценозов, закономерно оказался наименьшим для ключевых участков на террасе р. Заячьей – наиболее удаленных от крупных лесных массивов на междуречьях. Однако, на степень изолированности местообитания, кроме несложно рассчитываемых показателей площади ближайшего местообитания-аналога и расстояния до него, может влиять в ту или иную сторону наличие дорог, населенных пунктов и экологических коридоров (речных долин и малых эрозионных форм), помогающих или препятствующих распространению видов. Эта задача будет решаться на следующем этапе проекта.

Задача 3: Выбрать информативные малые бассейны, обеспечивающие полный ряд по степени антропогенной трансформации ландшафтной структуры и рассчитать для них соотношения видов нарушенных и малонарушенных угодий.

Для исследования эмерджентных эффектов ландшафтной структуры на бассейновом уровне выбраны бассейны, обеспечивающие репрезентативный ряд по степени антропогенной трансформации. Как фоновый лесной бассейн рассматривается верхняя залесенная часть бассейна р. Заячьей, в которой на зональные лесные урочища приходится 73% площади, а с учетом лесной поросли и молодняков в возрасте до 25 лет – 93 %. Как сопоставимый по лесистости (71%), но малый бассейн рассматривается бассейн р. Стругница; незалесенная часть представлена залежами, обработанными около 10-15 лет. Бассейны р. Козловка, р. Межница Заячерецкая, р. Мозголиха, р. Межница отобраны как сопоставимые по ландшафтной структуре, имеющие близкие значения лесистости (соответственно 33, 34, 29, 41 %). Бассейн р. Козловка, по сравнению с Межницей Заячерецкой, меньше по площади в 4 раза, по сравнению с бассейном р. Межница – в 7 раз. Бассейн р. Мозголиха по площади незначительно больше бассейна р. Козловка, но отличается более высокой (в 2 раза) степенью распаханности. Как репрезентативные почти обезлесенные бассейны отобраны бассейны ручьев Камешница, Смутиха, Становская балка (с лесистостью 7-8 %), образующие ряд по возрастанию степени распаханности: соответственно, 35, 64, 82 %. Бассейны р. Камешница репрезентативен как имеющий значительное пересечение с территорией населенного пункта, р. Смутиха – незначительное пересечение, бассейн Становской балки - как находящийся полностью за пределами населенных пунктов.

Задача 4: Установить основные педогеохимические, литогеохимические, гидрохимические и биогеохимические параметры фоновых и антропогенно нарушенных урочищ.

В условиях дефицита дренированных земель в настоящее время в распашку вовлечены практически все склоны в пределах глубокорасчлененной местности в среднем течении р.Заячья. В выпуклой средней части коренных склонов произошел полный смыв гумусовых горизонтов; выведенное на поверхность вещество пермских мергелей запахивается и вовлекается в смыв весенним и дождевым стоком вниз по склонам вместе с внесенными удобрениями. В почвах таких урочищ минимально содержание подвижного фосфора, примерно на уровне естественных лесных почв аналогичных позиций в рельефе, хотя обычно содержание фосфора в распахиваемых дренированных почвах существенно выше, видимо благодаря вносимым удобрениям. Содержание общего азота также минимально, причем с сильным обеднением по сравнению с лесными почвами аналогичных позиций в рельефе. Существенного обеднения подвижным калием не происходит. Очень резко выражено высокое содержание обменного кальция и магния и слабощелочная реакция почв.

Поскольку свойства склоновых почв сходны между собой, основные педогеохимические контрасты определяются их отличиями от свойств почв вышележащих и нижележащих звеньев. Качество почв прибровочных частей водораздельных поверхностей определяется механическим составом почвообразующих пород, а при наличии песчано-супесчаного чехла – его мощностью. Небольшая мощность или отсутствие песчано-супесчаного чехла способствует повышенному плодородию почв, формирующихся на относительно плодородных моренных суглинках при близком залегании богатых кальцием и магнием мергелей. Пахотный горизонт обогащен кальцием, магнием, азотом, фосфором, калием, имеют благоприятный нейтральный pH. Узкие водораздельные поверхности на левобережье Заячьей характеризуются повышенной мощностью песчано-супесчаного чехла и более резко контрастируют с примыкающими склонами. Почвы слабокислые, обеднены кальцием, калием, азотом, иногда – фосфором и гумусом, по сравнению с более богатыми (только на левобережье Заячьей) почвами склонов. Почвы широких водораздельных поверхностей, удаленных от бровок склонов, практически всегда отличаются пониженным плодородием и признаками переувлажнения. Мощность песчано-супесчаного чехла достаточно велика, чтобы экранировать геохимическое влияние моренных суглинков (превышает 30-40 см); при распашке материал суглинков не захватывается и не перемешивается с материалом чехла. Поэтому содержание гумуса, кальция, магния, калия, фосфора минимальное, реакция почв слабокислая. Явственно выражены признаки периодического оглеения. По мере восстановления поросли хвойных пород происходит обогащение обменным алюминием и водородом, то есть восстанавливаются свойства лесных малоплодородных почв. Почвы низких террас Заячьей и ее притоков формируются преимущественно на песках и супесях, мощность которых возрастает в краевых прибровочных частях. По своим химическим свойствам эти почвы приближаются к почвам удаленных от длин секторов водораздельных поверхностей. Они имеют кислую реакцию, пониженное содержание гумуса, азота, калия, кальция, магния, но обогащены обменным водородом и алюминием. Иными словами, как и почвы удаленных частей водораздельных поверхностей, они близки к зональным среднетаежным условиям, несмотря на многолетнюю распашку и внесение удобрений. Это следует связывать с интенсивным выносом веществ с внутрисочвенным стоком благодаря высокой дренированности террасовых песков.

Биогеохимическая неоднородность агроландшафтов Устьянского плато обусловлена разнообразием внутренней организации малых водосборов и наличием автохтонных и аллохтонных катен, различающихся по контрастности условий миграции элементов и пространственному соотношению агроценозов с элементами экологического каркаса. Соседство ландшафтов с разным типом биологического круговорота определяет

варьирование биогеохимических параметров (коэффициенты вариации надземной травянистой фитомассы 0,50 – 0,77, запаса зольных элементов в ней 0,47 – 0,57). В то же время между этими экстенсивными параметрами биопродукционного процесса установлена сильная прямая связь (коэффициент корреляции 0,79 – 0,92). По осредненным данным увеличение продукции и накопления минеральных веществ в фитомассе травяного яруса прослеживается при переходе от залежей и агроценозов к лугам, что усиливает их роль при формировании латеральных фитобарьеров.

Луговые ландшафты (представленные 40 комплексными полевыми описаниями) отличаются высокой пространственной вариабельностью параметров биологического круговорота (коэффициенты вариации фитомассы и запаса минеральных веществ соответственно 0,50 и 0,47) в связи с различной катенарной приуроченностью и изменением структуры и флористического состава луговых фитоценозов. Травянистая фитомасса меняется от 17,6 до 89,2 ц/га.

В структуре экологического каркаса агроландшафтов в роли коридоров, соединяющих верхние и нижние звенья катен, выступают овраги и лога. Наряду с лесами, доминирующее положение в элювиально-аккумулятивных комплексах днищ логов занимают луга, о разнообразии которых свидетельствует пространственная изменчивость их биогеохимических параметров (травянистая фитомасса от 8,8 до 80,8 ц/га, запас зольных элементов от 1,07 до 7,41 ц/га). Выделяется три основных варианта элювиально-аккумулятивных ландшафтов: А) Фоновые залесенные влажные лога и ложбины в структуре среднетаежных катен фоновых элементарных водосборов, отличающиеся невысокими запасами зольных элементов (1,07 – 2,29 ц/га) и фитомассой травяного яруса (8,8 – 22,4 ц/га). В его флористическом составе наряду с высокотравьем встречаются бореальное мелкотравье и неморальные виды. Органогенные горизонты дерново-глеевых почв не обеспечены подвижными формами Р (P_2O_5 от 36,84 до 53,24 мг/кг) и К (K_2O от 55,23 до 93,46 мг/кг). Однако они обогащены N (0,12 – 0,16%), что согласуется с азотным типом биологического круговорота таежных лесов. Б) Частично антропогенно трансформированные контрастные по увлажнению и трофности, хорошо обеспеченные биогенными элементами ложбины с ольховыми разнотравно-злаковыми, разнотравно-хвощовыми лесами и высокотравными лугами по днищам, пересекающие поля и залесенные придолинные склоны. Их биогеохимическое разнообразие проявляется в резких колебаниях травянистой фитомассы (18,8 – 80,8 ц/га) и концентрирования минеральных веществ (1,91 – 7,41 ц/га) и фиксирует мозаичность меняющихся по емкости фитобарьеров в гетерономных звеньях катен. В) Полностью антропогенно трансформированные сухие луговые ложбины среди полей, частично распахиваемые. При средней и высокой обеспеченности почв биогенными элементами (P_2O_5 от 117,44 до 263,69 мг/кг, K_2O 126,28 – 255,46 мг/кг) фитомасса разнотравно-злаковых лугов колеблется от 26,0 до 42,0 ц/га, а преобладание в ее фракционной структуре злаков с невысокой зольностью (3,63 – 5,12%) снижает общий запас элементов в фитоярусе (1,6 – 1,97 ц/га).

В зависимости от степени гидроморфности трансаккумулятивные ландшафты конусов различаются по флористическому составу фитояруса (разнотравно-злаковые, разнотравно-хвощовые, разнотравно-таволгово-щучковые, разнотравно-камышово-таволговые сообщества) и интенсивности биопродукционного процесса. Наименьшей фитомассой (8,0 ц/га) и запасом зольных элементов (0,98 ц/га) на конусах отличается травяной покров ольхово-березовых разнотравно-хвощовых лесов. Несмотря на достаточно хорошую обеспеченность почв биогенными элементами, особенно К (K_2O до 400мг/кг), невысокое проективное покрытие (30%) и высота трав (20-25см) ограничивают вклад этого фитояруса в биопродукционный процесс. В гидрогенном ряду трансаккумулятивных ландшафтов при нарастании увлажнения рост продукции злаково-таволговых лугов (22,8 – 56,0 ц/га) происходит в нижней части пролювиальных конусов на контакте с высокотравными пойменными лугами, к которым они близки по запасу минеральных

веществ в фитомассе (1,78 – 4,79 ц/га). Обеспеченность органогенных горизонтов почв конусов подвижными формами Р (P_2O_5 от 31,46 до 115,51 мг/кг) и К (K_2O от 82,25 до 177,50 мг/кг) меняется от низкой до средней, причем их концентрации свыше 100мг/кг встречаются чаще, чем на пойме. Рост содержания биогенных элементов в почвах пролювиальных конусов обеспечивается механической (а частично и водной) миграцией вещества по ложбинам с линейными потоками из агроландшафтов верхних звеньев катен; снижение - активным включением в биологический круговорот.

В агроландшафтных катенах, где распаханное делювиальное шлейфы достигают пойм речных долин (правобережье Козловки), в нижней части шлейфов при повышенном увлажнении и хорошей обеспеченности почв Р и К (P_2O_5 114,23 мг/кг, K_2O 175,09 мг/кг) появляются луга с крупными зонтичными – борщевик сибирский и купырь лесной. Они отличаются максимальной для трансаккумулятивных ландшафтов фитомассой (74,4 ц/га) со значительным запасом зольных элементов (4,49 ц/га). О латеральных связях в нижних звеньях катен свидетельствует наличие намывных горизонтов в дерново-глееватых почвах лугов и появление в травостое иван-чая, присутствие которого отражает активное проявление плоскостного смыва. Одним из биогеохимических эффектов непосредственного ландшафтного соседства аграрных и луговых комплексов является высокая емкость фитобарьера крупнотравных лугов, ограничивающего вынос биогенных элементов с полей.

В супераквальных ландшафтах наименьшей фитомассой (20,0 ц/га) и невысоким накоплением зольных элементов (1,93 ц/га) отличаются пойменные разнотравно-таволговые луга в верховьях Козловки, где они занимают небольшие участки среди ивово-ольховых лесов. Торфяно-глеевые почвы этих супераквальных фоновых ландшафтов не обеспечены подвижными формами Р и К (содержание P_2O_5 – 10,27 мг/кг, K_2O – 80,40 мг/кг) в отличие от пойменных почв в среднем течении Заячьей и ее притоков, бассейны которых включают агроландшафты (там обеспеченность почв этими элементами колеблется от низкой до средней: P_2O_5 от 32,44 до 135,81 мг/кг, K_2O от 60,97 до 146,77 мг/кг). В то же время в фоновых торфяно-глеевых почвах содержание N (0,15%) выше, чем в остальных супераквальных ландшафтах. Наибольшие фитомасса (74,4 – 89,2 ц/га) и запас зольных элементов (5,77 – 7,41 ц/га) характерны для влажных высокотравных лугов с доминированием таволги вязолистной на широкой, контактирующей с распаханной территориями пойме Заячьей (между устьями Смутихи и Камешницы), а также по днищу выходящих на пойму влажных логов. Во фракционной структуре их фитомассы ведущая роль принадлежит разнотравью, которое обеспечивает высокую емкость фитобарьера. В заболоченных притеррасных понижениях поймы Заячьей с осоковыми лугами и на более узких поймах ее притоков (Межница Заячерецкая, Смутиха, Мозголиха) с разнотравно-злаково-таволговыми лугами фитомасса и запасы зольных элементов ниже (соответственно 32,8 – 51,82 ц/га и 1,71 – 3,54 ц/га). Во фракционной структуре этих лугов увеличивается роль злаков и осок. Понижения на пойме с замедленным водообменом и невысокой емкостью фитобарьера могут выступать как геохимические ловушки для растворимых форм элементов, в том числе с высокой миграционной способностью.

Задача 5: Ранжировать малые бассейны по степени отклонения от регионального фона вследствие сельскохозяйственного землепользования, влияния инфраструктуры населенных пунктов и/или обезлесения на основании гидрохимических данных.

Пространственные закономерности формирования химического состава воды лучше всего иллюстрируют результаты зимнего отбора проб. В зимний период все реки находятся в одинаковом состоянии – устойчивой межени и питаются только грунтовыми водами. Доля поверхностного питания в зимний период сводится к минимуму. Поэтому, результаты, полученные для зимней межени, дают представление о химическом составе подземных вод разных участков исследуемого полигона. В период зимней межени минерализация реки Заячьей и ее притоков варьировала в широких пределах: от 275 до 540 мг/л, то есть

практически в два раза. Наименьшая минерализация соответствовала р. Заячья при входе из лесной в распаханную часть бассейна: 275 мг/л. По мере дренирования распаханной части бассейна минерализация возрастает до 400 мг/л за счет впадения более минерализованных притоков (442-496 мг/л). При выходе из распаханной части бассейна минерализация воды в р. Заячья увеличивается до 465 мг/л после впадения самого минерализованного притока (руч. Камешница, 540 мг/л), бассейн которого частично расположен в пределах пос. Нагорская и территории животноводческой фермы. Практически во всех водотоках главными анионами являются гидрокарбонаты, на втором месте идут сульфаты, на третьем – хлориды. Преобладающим катионом является кальций, на втором месте магний, на третьем – натрий, на четвертом – калий. По сравнению с верховьями Заячьей, Мозголихой и Межницей (Ca/Mg от 2,26 до 4,24) прослеживается увеличение доли Mg в реках Козловка, Межница Заячерецкая, Смутиха, Камешница (Ca/Mg от 0,97 до 1,97) в связи с его выщелачиванием из пермских пород, прорезаемых долинами этих рек.

Установлены относительно высокие концентрации нитратов в реке Заячья и ее притоках. При обычном их содержание в реках не более 3 мг/л здесь их концентрации колеблются в пределах 9-20 мг/л, превышая зачастую содержание хлоридов и сульфатов. Самые высокие значения – в реке Смутиха (22,4 мг/л). Водосборы ее, а также рек Межница Заячерецкая, Козловка, руч. Становские балки и Мозголихи почти целиком обезлесены и заняты лугами, пашнями и пастбищами. В результате использования удобрений отсюда в реки поступает большое количество нитратов. При близкой степени распаханности содержание нитратов в Смутихе и Камешнице существенно выше, чем в Мозголихе, Межнице, Межнице Заячерецкой, Козловке. Очевидно избыточное поступление нитратов не с удобрениями, а с бытовым загрязнением бассейнов, имеющих контакт с населенным пунктом. Верхняя часть бассейна реки Заячья покрыта лесами, а исток реки расположен на верховых болотах. в водах в период весеннего половодья. Установлено увеличение доли минерального фосфора, по сравнению с органическим фосфором, в водах рек, пересекающих агроландшафты (Становская балка, Смутиха) в связи с возможностью вовлечения в водную миграцию P, внесенного в почвы с удобрениями. Содержание минеральных форм фосфора резко нарастает в распаханых бассейнах, особенно в Смутихе и Камешнице, в то время как органические формы фосфора весной наоборот поступают из лесной части бассейна; осенью соотношение противоположное. Установлено, что резкое отклонение содержания сульфатов и хлоридов в нижнем течении р. Заячья зимой и осенью в основном определяется антропогенным приходом из бассейнов р. Камешницы и р. Смутихи, имеющих контакт с населенным пунктом. По мере роста обезлесенности бассейнов притоков Заячьей в направлении с востока на запад и роста глубины расчленения рельефа в водотоках растет содержание гидрокарбонатов и хлоридов.

Результаты, полученные в весенний, летний и осенний сезоны, анализировать сложнее, чем результаты измерений зимнего сезона, так как для них характерно смешанное питание рек, причем соотношение между поверхностным и подземным источниками питания для разных рек может быть различным. Аналогичная ситуация, правда чуть в меньшей степени, соответствует летнему и осеннему периоду. Летом и осенью в бассейне р. Заячьей выпадали дожди. Время их добегания различно для главной реки и для притоков. Поэтому, однородность данных также несколько нарушена. В связи с этим, необходимо уточнение гидрохимических параметров, особенно в период весеннего половодья и летне-осенней межени.

Для анализа закономерностей пространственного изменения водоносности рек также целесообразнее рассматривать зимние расходы воды, поскольку измеренные расходы воды в другие сезоны зачастую относятся к разным фазам водного режима и, таким образом, не являются однородными. Среднее значение зимнего модуля стока для рек бассейна р. Заячья составило 2,5 л/с·км². Несмотря на то, что все исследуемые реки

находятся близко друг от друга и условия осеннего увлажнения территории, определяющие зимний сток, были для всех них примерно одинаковыми, модули стока отличаются более чем в 10 раз. Так в верховьях бассейна (р.Заячья выше р. Стругница и собственно р. Стругница) наблюдаются самые низкие значения стока: 0,61 и 0,90 л/с км². Несколько большие значения модуля стока соответствуют левым притокам р. Заячья – рекам Межница и Мозголиха 1,3 – 1,6 л/с км², однако их значения все-таки меньше, чем средние для данного бассейна. Следует отметить, что наибольшие модули стока приурочены правобережным притокам главной реки. Это р. Межница Заячьерецкая, руч. Становские балки, р. Смутиха руч. Камешница. Их модули стока достигают 6,5 л/с·км². Такое различие водоносности право- и левобережных притоков может объясняться несколькими факторами. Во-первых, преобладание на правобережье сухих гигротопов, лугов, пастбищ и пашен, инфильтрационная способность которых гораздо выше, чем у вышеописанных ландшафтов, приводит к более интенсивному пополнению грунтовых вод во время дождей, предшествующих холодному периоду, и соответственно относительно повышенному питанию рек зимой. Одновременно для данных водосборов уменьшается доля площади, покрытой лесом, сам лес становится вторичным, что уменьшает забор влаги на транспирацию и может приводить к увеличению стока с водосбора. Величина модуля стока растворенных веществ варьирует еще в большем диапазоне, чем аналогичный показатель для водного стока: от 0,17 до 3,6 г/с·км². Связано это с тем, что наибольшие концентрации растворенных веществ приурочены к рекам, в которых модули стока воды больше. Наименьший вынос растворенных веществ соответствует верхней части бассейна р. Заячья, которая почти полностью залесена. Наибольшие значения достигаются в правых притоках, особенно в р. Камешница (полностью обезлесенный бассейн) и Козловка (наполовину обезлесенный бассейн). Средний вынос растворенных веществ в бассейне р. Заячья зимой составляет 1,16 г/с·км². Согласно предварительным результатам, полученным в 2013 г. при снижении лесистости малого бассейна до значений ниже 40% характеристики стока воды и стока растворенных веществ достаточно резко меняются по сравнению с фоновыми условиями. Это критическое значение, характеризующее проявление эмерджентных свойств пространственной структуры ландшафта подлежит проверке на следующих этапах выполнения проекта.

Задача 6: Установить параметры радиальной миграции вещества и вовлечения загрязняющих веществ в биологический круговорот для модельных катен.

Близкие по структуре агроландшафтные катены, включающие автономные, трансэлювиальные и трансаккумулятивные комплексы, различаются по площадным соотношениям верхних и нижних звеньев и по особенностям агроценозов, участвующих в севообороте и включающих посевные культуры с разной филогенетической специализацией. Органогенные горизонты пахотных почв в большинстве случаев отличаются средней и высокой обеспеченностью подвижными формами Р и К (в среднем содержание Р₂О₅ 267,65 мг/кг, К₂О 185,92 мг/кг) по сравнению с почвами под залежами и лугами. На этом повышенном фоне проявляется неравномерная обогащенность почв этими биогенными элементами (коэффициенты вариации соответственно 0,63 и 0,53). Содержание N меняется от 0,04 до 0,19% (в среднем 0,08%), но его пространственная вариабельность ниже (коэффициент вариации 0,39).

Надземная фитомасса культурных посевов (43 точки) в период начала сенокосения варьирует от 6,4 до 61,52 ц/га, составляя в среднем 28,59 ц/га (коэффициент вариации 0,50); накопление в ней минеральных веществ, отчуждаемых с урожаем, достигает в среднем 2,08 ц/га и меняется на разных полях от 0,39 до 4,75ц/га (коэффициент вариации 0,52). Основные причины и тенденции изменения биогеохимических параметров следующие.

Установлены формы зависимости геохимических параметров от катенарной приуроченности и литогенного субстрата. У посевов зерновых культур и травосмесей она проявляется двояко: 1) рост надземной фитомассы в автономных ландшафтах, а также в трансакумулятивных позициях, где возможен привнос биогенных элементов из верхних звеньев катен; 2) снижение – 1 вариант – при усилении механической миграции, эродированности, смывности почв и изреживании посевов на крутых склонах с близким залеганием мергелей; 2 вариант – на аллювиальных террасах при увеличении кислотности, невысокой емкости поглощения (12 – 25 мг-экв/100г) и обеднение подвижными формами Р и К пахотных горизонтов иллювиально-железистых подзолов.

Оценен вклад переувлажнения почв в формирование фитомассы и емкости фитобарьера.

1). Снижение надземной фитомассы (20,04 – 25,12 ц/га) и запаса зольных элементов (1,2 – 1,9 ц/га) у травосмесей автономных ландшафтов на двучленных отложениях с подзолистыми контактно-глеевыми почвами с низкой емкостью поглощения (10 – 13 мг-экв/100г) и недостаточной обеспеченностью подвижными формами Р и К (P_2O_5 от 21,69 до 151,0 мг/кг, K_2O от 44,49 до 68,38 мг/кг). 2) Минимальные фитомасса посевов ячменя (6,4 – 7,2 мг/кг) и накопление минеральных веществ (0,39 – 0,44 мг/кг) при вымокании посевов от застоя талых и дождевых вод по понижениям цокольно-аккумулятивных террас.

Роль филогенетической специализации и возраста посевов в формировании фитомассы и емкости фитобарьера проявляется в следующих формах. 1) Увеличение запаса минеральных веществ в посевах клевера и травосмеси с большой долей бобовых, обладающих высокой зольностью (6,7 – 9,4%). При фитомассе 46,2 – 53,88 ц/га на полях с посевами клевера, в том числе и на крутых склонах, при сенокосении отчуждается до 4,1 – 4,3 ц/га зольных элементов. 2) При севообороте, где травосмеси клевера с тимофеевкой включаются в трехлетний цикл, наблюдается постепенное изреживание посевов и уменьшение доли бобовых, что сопровождается снижением в фитомассе запасов зольных элементов до 0,56 – 1,62 ц/га.

На залежах, возникших при выведении сельскохозяйственных земель из севооборота, растительные сообщества находятся на разных стадиях сукцессионных смен. Поэтому залежи отличаются наиболее высокой вариабельностью параметров биологического круговорота (коэффициент вариации травянистой фитомассы и запаса зольных элементов соответственно 0,77 и 0,57), что усиливает биогеохимическую неоднородность залежных земель.

Задача 7: Рассчитать плотность популяций ключевых для исследования видов в фоновых лесных условиях, изолированных лесных фитоценозах малого и большого размера, луговых и полевых угодьях.

В качестве индикаторов выбраны виды из групп птиц и млекопитающих: редких животных (виды, не типичные для тайги, проникающие в среднюю тайгу по интразональным, экстразональным и короткопроизводным биотопам сукцессионных стадий), охотничье-промысловых животных, ключевых видов (таёжного - типичного для исследуемой территории - типа фауны). Из этих трёх групп наиболее репрезентативными и отвечающими цели исследования являются типичные и редкие виды мелких млекопитающих (Rodentia и Insectivora) и птиц отрядов Passeriformes, Charadriiformes, Falconiformes. Численность и распределение охотничье- промысловых видов птиц и млекопитающих на исследуемой территории практически полностью определяются неконтролируемой охотой и для анализа могут быть привлечены только отдельные виды. Выбор предмета исследований с таким акцентом позволил оценить как количественную сторону происходящих в разнообразии изменений, так и степень их глубины (контрастности) – степень трансформации исходного таёжного типа фауны.

Количественные учёты птиц и млекопитающих, проведённые на исследуемой территории до начала проекта и в летний и зимний периоды 2013 года, позволили сделать следующие выводы и наметить задачи предстоящего года выполнения проекта.

Биотическое разнообразие и характер его пространственной организации как в целом на исследуемой территории, так и на ключевых участках отличны от типичного распределения, характерного для центрального сектора европейской тайги. Современная териофауна включает 50 видов, 17 из которых не являются автохтонными. Их существование на территории связано с антропогенными изменениями ландшафта, обусловленными совокупностью вышеназванных антропогенных факторов. Из 197 гнездящихся видов птиц обитание 17-ти обусловлено антропогенными факторами (виды южного происхождения). В период исследований на ключевой территории изучено как общее биоразнообразие и его структура, так и биотопическое распределение в пределах выделов разных размеров, конфигурации и «соседства» типичных таёжных и видов-интродуцентов.

В общем облике фауны типичные таёжные виды млекопитающих и птиц не представлены или очень редки. В составе фауны не отмечены типичные таёжники: лесной лемминг *Myopus schisticolor*, средняя *Sorex araneus* и крошечная *Sorex minutissimus* бурозубки, глухарь *Tetrao urogallus*, кукушка *Perisoreus infaustus*, свиристель *Bombicilla garrulus*, кедровка *Nucifraga caryocatactes*, вьюрок *Fringilla montifringilla*, росомаха *Gulo gulo*. Очень редки красная полёвка *Clethrionomys (Myodes) rutilus*, рысь *Felis lynx*, лесная куница *Martes martes*, бурундук *Eutamias sibiricus*, летяга *Pteromys volans*, обыкновенный клёт *Loxia curvirostris*. Широколесные виды (одинаково свойственные как таёжным, так и хвойно-широколиственным и неморальным экосистемам) обычны, но их биотопические предпочтения различны. Изолированные лесные острова среди полей несут минимальное для территории биотическое разнообразие, практически лишённое в своём составе таёжных фаунистических элементов. Фауна таких лесных островов (берёзово-сосновый остров в междуречьи Козловки и Стругницы) представлена широколесными фаунистическими элементами с абсолютным доминированием в населении *Clethrionomys glareolus*, *Sorex araneus*, *Vulpes vulpes*, *Fringilla coelebs*, *Anthus trivialis*. Бореальные элементы в составе фауны таких изолированных островов отсутствуют. В облесённых (осиново-берёзовых с участием сосны) логах среди полей - только в них!- помимо названных видов установлено обитание *Apodemus agrarius* – неморально-лесостепного элемента фауны. Поросшие редким лесом или с одиночными деревьями ложбины стока среди полей, соединённые лесными массивами, зарастающие ивами и серой ольхой, являются основными жировочными станциями зайца-беляка. В зимний период 2013 года здесь отмечена рысь, это очень редкая находка для Устьянского лесополья. Поля под зерновыми культурами практически лишены постоянного населения млекопитающих. Исключение составляют клеверища и сеяные луга, широко и с очень высокой численностью (до 400 ос./га) осваиваемые не типичным видом для тайги *Microtus arvalis obscurus*. Антропогенно обусловленный очаговый пульсирующий характер распределения этого вида по территории определяет и нециклические изменения численности не характерных для таёжного типа ландшафта видов. Такие поля и луга служат кормовой станцией некоторых хищных птиц – осоеда *Pernis apivorus* (очень редкий для территории вид), полевого луны *Circus cyaneus*, болотной совы *Asio flammeus*.

Накопление количественных сведений о фаунистическом разнообразии по мере выполнения проекта позволит на последнем этапе 2015 г. построить серию регрессионных статистических моделей зависимости фаунистического разнообразия от количественных характеристик пространственной структуры ландшафта.