

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛАНДШАФТНО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ИНДИКАЦИИ ЭКОСИСТЕМ

Н. В. Попова, В. Б. Михно

Воронежский государственный университет, Россия

Поступила в редакцию 17 марта 2012 г.

Аннотация: Рассмотрены теоретические и прикладные вопросы оптимизации наземного варианта ландшафтной сферы на основе метода индикации экосистем. Разработана шкала индикации, базирующаяся на параметрах малого биологического круговорота, с помощью таблицы индикации проведена диагностика экосистем таежных ландшафтов Западной Сибири. Установлено, что экспериментальные данные, полученные на основе различных методических приемов, сопоставимы и могут быть использованы для диагностики экосистем и разработки предложений по оптимизации ландшафтно-экологической обстановки

Ключевые слова: почвенный органогенный горизонт, индикация наземного варианта ландшафтной сферы, оптимизация ландшафтно-экологической обстановки.

Abstract: The article considers theoretical and applied problems of optimization of land variant of the landscape areas on the basis of indication of ecosystems. The research results in development of scale indication, based on parameters of small biological cycle. Using an indication table the author has diagnosed the ecosystem of taiga landscapes of Western Siberia. It is established that the experimental data, obtained on the basis of various techniques can be used for diagnosis of ecosystems as well as development of proposals for improvement of the landscape and environmental conditions.

Key words: ground layer of organic horizon, the ground version of the display of landscape areas, optimization of the landscape and environmental conditions.

На современном этапе оптимизация ландшафтно-экологической обстановки предстает в виде актуальной общегосударственной проблемы. Из Указа Президента РФ № 803 от 3 июня 1996 года «Об основных положениях региональной политики в Российской Федерации» следует, что одной из основных целей государственной политики является предотвращение загрязнения окружающей среды, ликвидация последствий ее загрязнения, комплексная экологическая защита регионов. От успешного решения поставленных задач зависит не только улучшение экологической обстановки многих регионов, но и предотвращение экологических катастроф, ослабление негативных тенденций развития природно-территориальных комплексов, повышение природно-ресурсного потенциала и комфортности ландшафтов. Решение задач оптимизации ландшафтно-экологической обстановки России связано с научным обоснованием потреб-

ности, цели, возможностей и путей улучшения природной среды. Главное внимание при этом должно уделяться вопросам увеличения и сохранения естественного потенциала природно-территориальных комплексов в процессе их развития и функционирования, а также созданию оптимальных ландшафтно-экологических условий для жизнедеятельности человека. Все это требует данных о физико-географических особенностях и ландшафтной специфике страны, современном ландшафтно-экологическом состоянии ее структурных единиц, тенденциях развития и взаимодействия природно-территориальных комплексов. Получение такого рода информации сопряжено с необходимостью проведения детальных исследований, базирующихся на крупномасштабном ландшафтно-экологическом картографировании и районировании, а также анализе и оценке ландшафтно-экологического состояния геосистем [14]. В качестве примера таких исследований может служить монография «Эколого-географические районы Воро-

нежской области» (Ф.Н. Мильков, В.Б. Михно, В.И. Федотов и др., 1996), НИР «Оценка изменения ландшафтов севера Московской области в результате эксплуатации подземного водозабора» (Правительство Московской области, МОПИ, 1994).

Реализация перечисленных задач возможна на основе более широкого привлечения современных методов исследований, способных раскрыть особенности генезиса, динамики, развития и функционирования природно-территориальных комплексов. Особая роль должна быть отведена системным исследованиям, балансовому методу, индикации, моделированию.

Оценка современного состояния и устойчивости ландшафтов для целей оптимизации и управления их развитием на основе анализа структурно-морфологических и динамических свойств ПТК часто затруднена вследствие отсутствия количественных показателей, способных выступать в качестве интегральных признаков состояния того или иного типа ландшафта. Получение количественных характеристик, раскрывающих состояние основных типов ландшафта наземного варианта, в ряде случаев возможно путем диагностики экосистем на основе анализа параметров их напочвенных органогенных горизонтов.

Напочвенные органогенные горизонты одновременно являются структурно-функциональными элементами экосистем и включающих их ландшафтов. Они чутко реагируют на любые изменения природной среды, консервируют информацию о развитии экосистем и состоянии ландшафтов. Все это предопределяет возможность использования органогенных горизонтов в качестве индикатора как при диагностике экосистем, так и установлении состояния и устойчивости ландшафтов.

Для диагностики экосистем используют различные методики, которые позволяют оценить состояние и потенциальную устойчивость экосистем с помощью системы показателей. Так, в работах Н.В. Поповой разработана методика создания диагностической шкалы, позволяющей проводить индикацию экосистем с помощью системы числовых показателей, в роли которых выступают параметры напочвенных органогенных горизонтов. Установление устойчивости экосистем в данном случае проводилось на основе выделения признаков, которые оказывают влияние на варьирование параметров наземного варианта ландшафтной сферы [16, 17].

Функционирование экосистем как объект ландшафтно-экологического прогнозирования

Функционирование природных комплексов является объектом физико-экологического направления в ландшафтоведении и в самом широком понимании представляет собой совокупность всех процессов вещественно-энергетического обмена косной и живой материи в экосистемах [1, 2, 3]. Все эти процессы объединены общим понятием малого биологического круговорота (метаболизма), где в центре внимания находится живое вещество. При данном подходе приоритетным является изучение параметров энерго- и массообмена в экосистеме между нею и абиотической средой, а также анализ информационных воздействий, формирующих структуру экосистемы [19].

Малый биологический круговорот системы как процесс обновления и поддержания массы ее живого вещества осуществляется путем взаимодействия двух противоположных процессов [11]: анаболизма (создания органического вещества путем ассимиляции минеральных веществ с помощью фотосинтеза) и катаболизма (разложения сложных органических соединений на простые минеральные). Помимо этого в функционировании экосистемы участвует еще один процесс – некроболизм, который складывается из отмирания (некроза) и возврата (транслокации) полезных для потомства ресурсов (ассимилянтов) в запасные или репродуктивные органы и ткани. Структуры функционирующей экосистемы можно представить в виде соотношений трех фазовых составляющих интегральной экомассы: живой биомассы, некромассы и минеральной массы. Последовательное превращение этих парциальных масс друг в друга и есть процесс функционирования экосистемы в самом общем виде [11].

Продолжительность эволюционных преобразований экосистемы, как правило, много больше прогнозного периода, между тем как этот период можно считать достаточно соразмерным с характерным временем функционирования системы [9]. Последнее непосредственно связано с метаболизмом экосистемы и в масштабе большого биологического круговорота охватывает период времени, необходимый для полного цикла превращения вещества.

Однако этот период слишком велик, поскольку процесс минерализации органического вещества, формирующий иллювиально-метаморфичес-

кие горизонты почвы, измеряется геологическими масштабами времени. В прогнозном аспекте, гораздо полезнее оперировать характерным временем малого биологического круговорота, ограниченного не вполне замкнутым балансом самого органического вещества в системе и состоящего из двух взаимно противоположных ветвей – восходящей биопродукционной (автотрофного биогеоза) и нисходящей детритной [6, 7].

Таким образом, при эколого-географическом прогнозировании на первые несколько десятков лет с точки зрения времен релаксации объектов первостепенное внимание должно быть уделено не структурной эволюции экосистем, а направленной их смене функционирования. Соответственно, один из подходов к функциональной экстраполяции, по терминологии А. Ю. Ретюма [18], опирается на выявленную систему связей параметров малого биологического круговорота с факторами среды.

По мере нарастания климатических изменений экосистема переходит от прежнего стационарного или периодического режима функционирования к переменному режиму, который характеризуется либо потерями, либо накоплением органического вещества – в зависимости от нового соотношения его продуцирования и разложения [22]. Прежняя сбалансированность биокруговорота нарушается, и экосистема вынуждена замыкать круговорот на новом уровне метаболизма, который будет отвечать уже качественно иной почвенно-фитоценогической структуре – вплоть до другого зонального типа. Механизм смены этих структур состоит в том, что климатические сдвиги вызывают изменения конкурентоспособности отдельных представителей биоты, и это происходит особенно быстро в зонах контактов ареалов принципиально различных семейств экосистем [11, 12].

Первым сигналом необратимых структурно-функциональных преобразований биотического ядра геосистемы под влиянием внешнего возмущения является, вероятно, нарушение прежнего уровня сбалансированности потоков тепла, влаги и химических элементов, т.е. появление признаков разомкнутости вещественно-энергетических потоков. Согласно расчетам В. Г. Горшкова [4, 5] для глобального уровня биосферы, изменение чистой продуктивности на 25 % уже приводит к заметному размыканию биологического круговорота. Система переходит из прежнего относительно равновесного состояния в неравновесный стационарный режим, который может иметь вид опреде-

ленного скачка и даже катастрофы для прежних элементов системы [12]. Скачкообразный переход означает нарушение скоррелированности составных частей сообщества. Усиление взаимного перекрытия их экологических ниш и, как следствие, обострение конкурентных отношений между ними, ведущее к потере экосистемой прежней устойчивости [4, 5]. В первую очередь происходит торможение роста растительных индивидов – одного из самых энергоемких физиологических процессов. Отключение роста расширяет энергетические возможности перестройки всего процесса функционирования и делает, по-видимому, более пластичной саму экосистему.

Таким образом, ясно, что параметры нисходящей ветви биологического круговорота: мощность и масса напочвенного органогенного горизонта, коэффициент годичной деструкции надземной фитомассы, скорость разложения органического вещества подстилки, интенсивность высвобождения химических вещества представляют собой показатели, которые позволяют судить о степени сбалансированности процессов, протекающих в экосистемах, а количественные и качественные показатели – об устойчивости наземного варианта ландшафтной сферы.

Методика диагностики экосистем по сбалансированности процессов обмена вещества и энергии

Соотношение процессов обмена вещества и энергии в наземном варианте ландшафтной сферы, а также роль напочвенного органогенного горизонта в функционировании экосистем еще слабо изучены.

В настоящее время имеются лишь разрозненные данные о возможности влияния параметров малого биологического круговорота, в т.ч. метаболизма на устойчивость и инвариантность экосистем. Имеющиеся методики не позволяют оценить степень влияния напочвенного органогенного горизонта на устойчивость ландшафтов, а также проводить индикацию ландшафтной сферы. Учитывая это, для решения поставленных задач предложено использовать следующие методические приемы.

1. Изучение экспертных данных по малому биологическому круговороту в наземных экосистемах. Создание банка данных.

2. Выделение основных параметров структурно-функциональной организации природных эко-

систем, которые могут быть описаны количественными и качественными показателями.

3. Анализ зависимости запасов напочвенной подстилки от скорости высвобождения химических веществ.

4. Установление показателей отношения первичной продукции к общей живой фитомассе ($V_{перв}/V_{об}$); отношения годовой продукции зеленой части к живой надземной фитомассе ($K_{об}$).

5. Выявление корреляций между коэффициентом годичной деструкции ($K_{гд}$), подстильно-опадным коэффициентом (ПОК) и мощностью напочвенного органогенного горизонта в основных экосистемах суши. Создание шкалы устойчивости по этим параметрам.

6. Создание шкалы диагностики наземного варианта ландшафтной сферы с использованием расчетных данных по детритной ветви (катаболизму) в экосистемах.

Шкала диагностики экосистем

На основе разработанной методики предложена шкала диагностики наземного варианта ландшафтной сферы. На первом этапе принято, что каждому баллу соответствуют определенные показатели запасов подстилки (напочвенного органогенного горизонта, т/га) и подстильно-опадного коэффициента (ПОК, относительная величина). Затем по результатам проведенного анализа каждый показатель устойчивости описан по расчетным и статистическим данным: количество химических элементов в подстилке и опаде (кг/га), интенсивность высвобождения химических элементов, соотношение гуминовых и фульвокислот ($C_{гк}/C_{фк}$), период биологической активности (ПБА, дни), общая живая фитомасса (т/га), первичная продукция (прирост, т/га), отношение общей первичной

продукции к общей живой фитомассе (относительная величина), общая живая надземная фитомасса (т/га), годовая продукция зеленой части (т/га), отношение годовой продукции зеленой части к живой надземной фитомассе (относительная величина). Таким образом, каждому баллу устойчивости соответствует 13 показателей малого биологического круговорота, каждый из которых и все вместе позволяют прогнозировать развитие ландшафтов (таблица 1) [16, 17].

Шкала диагностики экосистем отражает степень варьирования параметров экосистем в зависимости от изменения входных параметров восходящей и нисходящей ветви метаболизма, описанных показателями напочвенного органогенного горизонта.

Теоретическое и прикладное значение использования шкалы диагностики

Для примера рассмотрим ландшафт тайги Западной Сибири с запасами подстилки 33 т/га. По шкале диагностики уровень стабильности экосистемы оценен в 5 баллов. Напочвенный органогенный горизонт характеризуется высоким содержанием химических элементов в подстилке (1800-4200 кг/га) при их незначительном количестве в опаде (135 кг/га). Низкая интенсивность высвобождения химических элементов (13,3-38,8 кг/га) и скорость разложения мертвого органического вещества (подстильно-опадный коэффициент) указывают на замедленную скорость процессов метаболизма.

Поскольку лес функционирует как детритная экосистема, коэффициент годичной деструкции может считаться показателем интенсивности биологического круговорота, а полученная пропорциональная связь между приростом и $K_{гд}$ указывает на то, что питание растений находится в прямой

Таблица 1

Пример диагностической шкалы типов функционирования экосистем по параметрам малого биологического круговорота

Тип функционирования (устойчивость)	Запасы подстилки, Т/га	ПОК	ПОКАЗАТЕЛИ МАЛОГО БИОЛОГИЧЕСКОГО КРУГОВОРОТА										
			Кол-во химич. элементов в подстилке, кг/га	Кол-во химич. элементов в опаде, кг/га	Интенсивность высвобождения химич. элементов	$C_{гк}/C_{фк}$	ПБА, дни	Общая живая фитомасса, Т/га	Первичная продукция (прирост), ц/га	Отношение первичной продукции к общей живой фитомассе	Общая живая надземная фитомасса, Т/га	Годовая продукция зеленой части (прирост зеленой части), ц/га	Отношение годовой продукции зеленой части к живой надземной фитомассе
5	33	10-17	1800	135	13	0,25-0,5	180-210	170	6,5	0,04	120,2	51,3	0,43
	85	92	4200	108	38,8			112,5	6,5	0,04	88,6	40,4	0,46

зависимости от характера и скорости разложения мертвых растительных остатков. Косвенным подтверждением ведущей регулирующей роли детритной ветви в метаболизме хвойнолесных экосистем, как зональных, так и интразональных, является то, что максимальный размах параметра $K_{гд}$ между биогеоценозами лежит в пределах 0,1-0,3, между тем, как вариации ежегодного прироста зеленой массы, идущей в опад, не превышают 2-6-кратных значений. Данные показатели также позволяют прогнозировать устойчивости экосистем таежной зоны.

По данным шкалы диагностики экосистем можно сделать вывод о заторможенном малом биологическом круговороте, низкой скорости накопления живой надземной фитомассы и трансформации растительного вещества на фоне вечной мерзлоты, которая является водупором, низкой интенсивности процессов высвобождения химических элементов из подстилки. Иначе говоря, рассматриваемый таежный тип ландшафта обладает относительно высокой устойчивостью.

Таким образом, предложенная шкала диагностики позволяет проводить индикацию ландшафтной сферы по одному или нескольким параметрам. Данные выводы подтверждают экспериментальные исследования сотрудников Института почвоведения и агрохимии СО РАН [13, 15, 20], которые, опираясь на труды А. А. Титляновой [21], на протяжении нескольких десятков лет изучают особенности деструкционного процесса, характерного для тайги Западной Сибири (определение биотического круговорота и составляющих его блоков, потоков, звеньев и путей).

В последнее время значительная часть торфяных болот Западной Сибири испытывает все более возрастающее антропогенное влияние. На юге региона – это осушение болотных массивов с целью добычи торфа и лесомелиорации. На севере территории большое значение имеет загрязнение поверхности болот вследствие развития инфраструктуры нефтегазового комплекса.

Изучение продукции и деструкции в болотных экосистемах имеет большое теоретическое и прикладное значение. Эти процессы являются основными в функционировании и устойчивости болотных экосистем. Для установления их применяются различные методические приемы.

В работах Степановой В. А. с сотрудниками [20] для определения характера и скорости разложения отдельных торфообразователей применялся метод закладки растительности в торф. Скорость разложения изучалась у четырех видов кустарничков, трех видов трав, пяти видов сфагновых и двух видов гипновых мхов на болотах различной трофности. Объектами исследований являлись экосистемы пяти болот на территории Западной Сибири, расположенные в зоне лесотундры и в подзонах средней и южной тайги (таблица 2).

В настоящее время верховые болота лесостепной зоны (рямы) в условиях переменного увлажнения, имеют ограниченные ресурсы для прогрессивного роста.

Изучение параметров продуктивности растительного покрова экосистемы лесостепного рьяма показало, что значения запаса растительного вещества и первичной продукции снижаются по сравнению верховыми болотами средней и южной тайги. Рям в лесостепи отличается от таежных верховых болот в распределении подземного растительного вещества по слоям: запас фитомассы и первичная продукция возрастают в слое 20-30 см. Общий запас мортмассы в сосново-кустарничково-сфагновом фитоценозе в лесостепи примерно в 2 раза ниже по сравнению с таежной зоной, а количество подстилки – в лесостепи больше в 4 раза. Эти показатели, свидетельствуют о высокой скорости минерализации верхнего слоя торфа и растительных остатков на поверхности почвы и в верхней части профиля в лесостепном типе ландшафта [20]. Используя полученные результаты по величине первичной продукции, можно провести диагностику изучаемых экосистем.

Таблица 2

Распределение запасов торфа на верховых болотах лесостепной зоны Новосибирской области [20]

Объекты исследования	Площадь, га	Средняя мощность т.з., м	Объем т.з., тыс. м ³	Запасы торфа, тыс. т
Бородинский рям	739,8	1,25	9248	961,8
Убинский рям	464,0	1,23	5707	593,5
Николаевский рям	240,5	2,28	5483	570,3

Е. К Паршина, Е. В. Миляева с сотрудниками [15], занимаясь изучением фитомассы годичного прироста, первичной продукции, скорости разложения растительных остатков в кустарничково-сфагновых ассоциациях на грядах кустарничково-травяно-сфагновых в мочажинах методом закладки экспериментальных площадок, установили, что структурный состав фотосинтезирующей фитомассы годичного прироста на грядах и в мочажинах различен – сфагновые мхи являются абсолютными доминантами (96 %) в мочажинах, а на грядах они становятся содоминантами с кустарничками (57 % и 42 %). При этом было подтверждено, что величина ежегодного прироста изменчива и связана с климатическими условиями текущего года. Выявлено, что основной вклад в величину нефотосинтезирующей части первичной продукции вносят корни трав и кустарничков, которые составляют 60 % от общей первичной продукции (NPP). Прирост мхов составляет 21 % от NPP – на грядах и 67 % в мочажинах [15].

Разложение растительных остатков на болотах происходит в теплое время года, когда уровень болотных вод снижается, и кислород свободно проникает в верхнюю часть торфяного горизонта. В болотных комплексах южной тайги быстрее разлагаются сосудистые растения, медленнее сфагновые и зеленые мхи. Фракция листьев трав и кустарничков, которая составляет около 10 % от общей продукции, почти полностью разрушается в течение первого вегетационного сезона.

Основными торфообразователями на болотах верхового типа являются сфагновые мхи. В средней тайге по истечению двух лет после отмирания сфагновый очес в ряме и на грядах потерял от 20 до 40 % исходной массы, в топяных и мочажинных экосистемах по истечению двух лет после отмирания очеса мхов потери веса составили 20 %. Легче других растений подвергались разложению ветошь и корневища вахты трехлистной (*Menyanthes trifoliata*) и морошки (*Rubus chamaemorus*). Через два года после отмирания опад этих растений разложился на 80 %.

По скорости разложения фракции растительного вещества гидроморфных ландшафтов ее можно разделить на 3 группы.

1. Быстро разлагающиеся (потери за два года от 50 % и больше). Группа включает ветошь, корни, корневища вахты и морошки; подстилочно-опадный коэффициент – 85.

2. Средне разлагающиеся (потери за два года от 30 до 50 %). В группу входят листья и корни

кустарничков, ветошь, корни, корневища осок и шейхерии, сфагновые мхи, доминирующие в моховом покрове в рямах и нагрядах (*Sphagnum fuscum*, *S. angustifolium*, *S. magellanicum*), подстилочно-опадный коэффициент – 92.

3. Медленно разлагающиеся (потери за два года не больше 30 %). В эту группу входят стволы кустарничков, узлы кушения, корневища и корни пушицы, сфагновые мхи, доминирующие в топяных и мочажинных сообществах (*S. balticum*, *S. papillosum*, *S. lindbergii*); подстилочно-опадный коэффициент – 100.

Скорость разложения (подстилочно-опадный коэффициент) определяется типом экосистемы, видом растения и фракцией растительного вещества и подтверждает данные диагностической шкалы [20].

Особого внимания заслуживает опыт исследователей, выполнивших оценку составляющих продукционно-деструкционного процесса, с учетом интенсивности высвобождения химических элементов в болотных экосистемах средней тайги Западной Сибири в зависимости от типа экосистемы и топографии [13].

Исследования проводились в подзоне средней тайги на ключевом участке, расположенном на междуречье Оби и Иртыша в окрестности г. Ханты-Мансийск. Объектом исследований было выбрано олиготрофное грядово-мочажинное выпуклое болото. Пробные площадки были заложены в пределах гряды, олиготрофной мочажины, мезотрофной топи и ряма. Эксперименты по определению скорости разложения растительных остатков доминантных видов в торфяном слое олиготрофных болотных комплексов в средней тайге велись в течение 3 лет. Для определения скорости разложения применялся метод закладки растительности в торф [10].

Особенностью биологического круговорота в болотных экосистемах является продолжительное задерживание поглощенных химических элементов в растительном веществе. По этой причине общая биомасса на единице площади в деятельном слое (до 30 см от поверхности мхов) в болотных фитоценозах в 5-14 раза больше массы прироста. Замедленность движения масс элементов в системе биологического круговорота в болотных экосистемах усиливается тем, что основная часть биомассы (около 80-90 %) находится в торфе, и отмирающие части сфагновых мхов задерживаются в толще, образуя обильную сфагновую подстилку [15].

Анализ величины и структуры общего запаса, прироста, текущего изменения и отпада фитомассы, а также потребления, закрепления и возврата

элементов почвенного питания в исследованных болотных экосистемах позволяет отметить ряд особенностей их формирования – фитомасса возрастает примерно в 1,5 раза. При этом количество фитомассы травостоя в ряме больше по сравнению с олиготрофной мочажинной на 25-30%. С улучшением экологических условий ускоряется процесс развития травостоя, текущего прироста, текущего изменения запаса и отпада фитомассы, раньше начинается распад и все эти процессы протекают гораздо интенсивнее. Во всех экосистемах болот количество химических элементов в мертвом органическом веществе больше, чем в живой биомассе. Заторможенность биологического круговорота элементов усиливается по мере увеличения обводненности и уменьшения трофности. Так наиболее заторможен круговорот в наиболее бедных и обводненных экосистемах. Наиболее активно круговорот веществ в фитоценозе осуществляется в мезотрофной топи, что связано с большим притоком питательных элементов и кислорода. Анализ величины и структуры общего запаса, прироста фитомассы, а также потребления, закрепления и возврата элементов питания в разных экосистемах позволяет отметить ряд особенностей их формирования.

В процессе биологического круговорота сумма питательных элементов в фитомассе различается в 1,5 раза, в чистой первичной продукции – примерно в 4 раза, в процессе разложения – в 4,7 раза, в процессе ретранслокации – в 2 раза и зависят от типа экосистемы. Расчетные данные по скорости высвобождения химических элементов, полученные группой исследователей из Новосибирска экспериментальным методом, коррелируют с данными шкалы индикации наземного варианта ландшафтной сферы и могут служить основой для диагностики экосистем Западной Сибири.

Ландшафтный подход к оптимизации экологической обстановки – важнейшее звено в цепи исследований, планирования и реализации проектов, направленных на улучшение, стабилизацию, повышение природно-ресурсного потенциала и сохранение природной среды.

Более широкое внедрение в практику природопользования основных положений ландшафтоведения, современных методов индикации наземного варианта ландшафтной сферы в значительной мере будет способствовать решению экологических проблем страны. Использование для решения прикладных задач природопользования теоретических методов диагностики экосистем, осно-

ванных на системе числовых показателей, расширяет возможности совершенствования систем природопользования и приемов оптимизации ландшафтно-экологической обстановки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арманд А. Д. Информационные модели природных комплексов / А. Д. Арманд. – М. : Наука, 1975. – 198 с.
2. Арманд А. Д. Механизмы устойчивости геосистем : запас устойчивости и критические состояния / А. Д. Арманд. – М. : Наука, 1993. – 234 с.
3. Арманд А. Д. Триггерные геосистемы / А. Д. Арманд, М. А. Ведюшкин; Ин-т географии АН СССР. – Препринт № 3. – М., 1999. – С. 22-28.
4. Горшков В. Г. Устойчивость биогеохимических круговоротов / В. Г. Горшков // Экология. – 1985. – № 2. – С. 119.
5. Горшков В. Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни / В. Г. Горшков. – М. : ВИНТИ, 1995. – 185 с.
6. Дылис Н. В. Основы биогеоценологии / Н. В. Дылис. – М. : Изд-во МГУ, 1978. – 320 с.
7. Дылис Н. В. Лесная подстилка в биогеоценологическом освещении / Н. В. Дылис // Лесоведение. – 1985. – № 5. – С. 19-29.
8. Исаков Ю. А. Зональные закономерности динамики экосистем / Ю. А. Исаков, Н. С. Казанская, А. А. Тишков. – М. : Наука, 1986. – 247 с.
9. Керженцев А. С. Механизм пространственно-временной изменчивости почв и экосистем / А. С. Керженцев // Экология и почвы. – М. : ИФПБ РАН, 1999. – Т. 3. – С. 329.
10. Козловская Л. С. Динамика органического вещества в процессе торфообразования / Л. С. Козловская, В. М. Медведева, Н. И. Пьявченко. – Л. : Наука, 1978. – 170 с.
11. Коломыц Э. Г. Региональная модель глобальных изменений природной среды / Э. Г. Коломыц. – М. : Наука, 2003. – 488 с.
12. Коломыц Э. Г. Организация и устойчивость хвойнолесных экосистем и ее антропогенных изменений / Э. Г. Коломыц // Тр. Геофизического ин-та. – 1984. – Вып. 58. – С. 12-27.
13. Косых Н. П. Бюджет питательных элементов в болотных экосистемах / Н. П. Косых, Н. П. Миронычева-Токарева, Е. К. Паршина // Сб. материалов V международного научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2009». – Новосибирск : Сиб. гос. геодез. акад., 2009. – Т. 4, ч. 2. – С. 217.
14. Михно В. Б. Ландшафтные основы оптимизации экологической обстановки России / В. Б. Михно // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. География и геоэкология. – Воронеж, 2004. – С. 83-90.
15. Паршина Е. К. Деструкционная динамика растительных остатков в болотах Западной Сибири / Е. К. -

Паршина, Е. В. Миляева // Сб. материалов V международного научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2009». – Новосибирск : Сиб. гос. гео-дез. акад., 2009. – Т. 4, ч. 2. – С. 217.

16. Попова Н. В. Оценка малого биологического круговорота экосистем по параметрам почвенного органического горизонта для решения проблемы устойчивого развития / Н. В. Попова // Экономика природопользования. – 2010. – № 3. – С. 25-33.

17. Попова Н. В. Шкала оценки параметров малого биологического круговорота в экосистемах основных биогеографических зон мира / Н. В. Попова // Вестн. РУДН. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2010. – № 3. – С. 35-41.

18. Ретеюм Ю. Л. Региональное развитие в свете концепции нуклеарных гео-систем / Ю. Л. Ретеюм //

Новые концепции в географии и прогнозирование. – М. : Наука, 1993. – 267 с.

19. Свирежев Ю. М. Устойчивость биологических сообществ / Ю. М. Свирежев, Д. О. Логофет. – М. : Наука, 1978. – 567 с.

20. Степанова В. А. Запасы растительного вещества и торфа в рядах лесостепи Новосибирской области / В. А. Степанова, С. Ю. Артымук, Е. К. Паршина // Сборник материалов V международного научного конгресса «ГЕО-Сибирь-2009». – Новосибирск : Сиб. гос. гео-дез. акад., 2009. – Т. 4, ч. 2. – С. 217-224.

21. Титлянова А. А. Биологический круговорот углерода в травяных биогеоценозах / А. А. Титлянова. – Новосибирск : Наука, 1991. – 360 с.

22. Титлянова А. А. Режимы биологического круговорота / А. А. Титлянова, М. А. Тесаржева. – М.–Новосибирск : Наука, 1991. – 458 с.

Попова Наталья Валентиновна

кандидат географических наук, соискатель кафедры физической географии и оптимизации ландшафта факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета, т. (4732) 66-56-54, E-mail: ecgeograf@mail.ru

Михно Владимир Борисович

доктор географических наук, профессор, заведующий кафедрой физической географии и оптимизации ландшафта факультета географии, геоэкологии и туризма Воронежского государственного университета, т. (4732) 66-56-54, E-mail: ecgeograf@mail.ru

Popova Natal'ya Valentinovna

PhD in Geography, doctoral candidate of the chair of physical geography and landscape optimization of the department of geography, geoecology and tourism, Voronezh State University tel. (4732) 66-56-54, E-mail: ecgeograf@mail.ru

Mikhno Vladimir Borisovitch

Doctor of Geography, professor, head of the chair of physical geography and landscape optimization of the department of geography, geoecology and tourism, Voronezh State University, Voronezh, tel. (4732) 66-56-54, E-mail: ecgeograf@mail.ru