

УДК 502.1

АНАЛИЗ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БИОТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

© 2015 Л.М. Павлова¹, Л.П. Шумилова¹, В.И. Радомская¹, И.М. Котельникова²,
Н.А. Тимченко³, А.Г. Сергеева¹

¹ Институт геологии и природопользования ДВО РАН

² Амурский филиал Ботанического сада-института ДВО РАН

³ Дальневосточный государственный аграрный университет

Поступила в редакцию 18.05.2015

В статье рассматриваются биотические показатели и диапазоны их изменений при антропогенном воздействии на окружающую среду урбанизированных экосистем. Выбранные показатели предлагаются к использованию в качестве оценочных параметров для контроля за состоянием наземной и воздушной природных сред.

Ключевые слова: урбанизированная экосистема, биотические показатели, оценка, экологическое состояние

Вмешательство человека в природные процессы посредством своей хозяйственной деятельности приводит к усилению миграции элементов через транзитные среды (атмосферные выпадения – снег, дождь, пыль; водотоки и водоемы) и накоплению их в депонирующих средах (почвы, донные отложения, растения, микроорганизмы). Этот процесс последовательно ведёт вначале к изменению геохимических характеристик окружающей среды, потом – к перестройке функционирования биоценозов. Но экологическое нормирование и оценка функционирования экосистем являются одними из самых сложных вопросов в области практической экологии и требуют междисциплинарного подхода к выбору оцениваемых параметров. В настоящее время оценка состояния экосистем осуществляется, главным образом, на основе санитарно-гигиенического нормирования (ПДК/ОДК, ОБУВ) элементов или веществ, хотя экологическая неэффективность такого «химического» подхода уже давно не вызывает сомнений [1]. ПДК были разработаны для защиты организма человека и не имеют цели защиты природных

комплексов, но практика повсеместности их использования достаточно широко распространена. Для объективной оценки состояния природной среды необходим подход, позволяющий оценить не только количественные уровни неблагоприятных факторов, но и качественное состояние биотической компоненты в экосистеме. Наиболее удовлетворяющей таким требованиям и лишенной многих недостатков методологии ПДК является концепция биотического контроля. Биотический подход предполагает существование причинной связи между уровнем воздействия на биоту экосистемы и регистрируемым откликом последней на длительность и степень воздействия [1]. В основе такого контроля лежит оценочная система используемых в качестве показателей различных характеристик живых организмов.

Благодаря своим адаптивным возможностям к меняющимся условиям среды живые системы формируют диапазон изменений этих показателей от здорового до патологического состояния, вследствие чего биологические методы анализа позволяют получить интегральную оценку экологической ситуации. Единой системы мониторинговых биотических критериев для оценки состояния разных типов экосистем в мировой практике пока не существует. Разрабатываются методы биоиндикации и биотестирования [2] с использованием в качестве тест-объектов разнообразных живых организмов (растений, простейших, насекомых, земноводных, микроорганизмов), методы биогеохимической индикации, в основе которой лежат показатели здоровья человека [3]. При всем многообразии потенциально пригодных биологических тест-объектов, система биотического контроля должна отражать одновременно и общую тенденцию развития экосистемы, и специфические её особенности, а также быть универсальной и пригодной для

Павлова Людмила Михайловна, кандидат биологических наук, заведующая лабораторией биогеохимии. E-mail: pav@ascnet.ru

Шумилова Людмила Павловна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биогеохимии. E-mail: shumilova.85@mail.ru

Радомская Валентина Ивановна, кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биогеохимии. E-mail: radomskaya@ascnet.ru

Котельникова Ирина Михайловна, кандидат биологических наук, ученый секретарь. E-mail: irina.kotelnikova@gmail.com

Тимченко Наталья Алексеевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры лесоводства. E-mail: timchenko-nat@mail.ru

Сергеева Алёна Геннадьевна, младший научный сотрудник лаборатории биогеохимии. E-mail: skomoroshko@mail.ru

широкого использования. Поэтому актуальность совершенствования биотических показателей для оценки качества природных сред сегодня стоит также остро, как и десятилетия назад. Вопросы нормирования экологической ситуации в тех урбанизированных экосистемах, где отсутствуют крупные промышленные предприятия, но имеется не менее значительное совокупное антропогенное воздействие других факторов (транспорт, угольная теплоэнергетика), изучены слабо. В связи с этим, поиск тестовых биоиндикаторов для оценки состояния малопромышленных урбанизированных экосистем тоже является достаточно актуальным.

Цель работы: анализ выбранных биоиндикаторов для экологической оценки состояния наземной и воздушной сред малопромышленной урбанизированной территории дальневосточного города Благовещенск.

Методология исследования. Согласно принятой практике экологического нормирования, показатели, характеризующие качественное состояние компонентов природной среды, делятся на физические, химические и биологические [4], но вопрос о способах (методах) интегрирования таких данных однозначно не решен. Ключевым компонентом окружающей природной среды (ОПС)

являются почвы, и для оценки их экологического состояния предложено несколько схем, учитывающих данные разных групп показателей. Это так называемый «ресурсный метод» [5], «триадный» [6] и ландшафтный подходы [7], метод расчета уравнения функции состояния [8], и система экологического нормирования состояния ОПС, в том числе почв, в рамках трёхуровневой и пятиуровневой шкал ранжирования значений показателей [9]. Согласно этой системе качество ОПС (почв) и антропогенное воздействие на неё характеризуются определённым диапазоном значений показателей, переведённых из абсолютных величин в относительные [9]. В работах [10, 11] предложена шкала экологического состояния, регистрирующая наносимый вред компонентам окружающей среды как уменьшением значений показателей её свойств (полюс «-»), так и чрезмерным увеличением (полюс «+»), и в которой за состояние, близкое к экологической норме условно принят диапазон 1-3 уровней с суммарным отклонением показателей от нормы до $\pm 30\%$. В интервале потери качества от $\pm 30\%$ до $\pm 40\%$ находится зона экологического риска для ОПС (почв), за рамками $\pm 40\%$ происходит деградация экосистем, необратимость нарушения функций, экологическое бедствие (рис. 1).

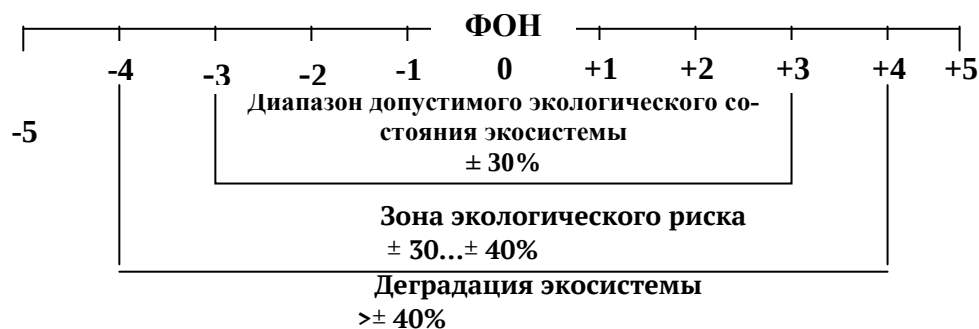


Рис. 1. Шкала оценки экологического состояния ОПС (почвы)

Загрязнение почв в основном происходит через атмосферный воздух, путём осаждения паров, аэрозолей, пыли или растворённых соединений токсикантов с осадками. Три четверти объёма всего антропогенного воздействия приходится на загрязнение атмосферного воздуха [12]. Оценка качества атмосферного воздуха в настоящее время также основана на химическом определении количества и качества загрязнителей в его составе. Количество загрязнителей в воздухе можно определить методом снегахимического опробования, но концентрация поллютантов в снеге отражает их накопление за определённый временной период, а концентрация загрязнителей в почвенном слое отражает многолетнее воздействие загрязнённого воздуха. Атмосфера – это динамичная составляющая окружающей среды, поэтому мониторинг с использованием различных биоиндикационных показателей будет более наглядно и точно характеризовать качество воздушной среды

экосистемы. Наиболее чувствительными тестовыми объектами, позволяющими оценить суммарный комплекс воздействий, характерных для данной территории, являются растения, особенно древесные, которые испытывают влияние поллютантов круглый год, что отражается на их состоянии и биохимических показателях. При проведении мониторинговых исследований внимание чаще всего уделяется внешним признакам – морфологической характеристике листьев, хвои, особенностям пигментации, выявлению аномалий вегетативных и генеративных органов, а также характеристике биохимических свойств – изменение уровня фотосинтеза, содержания хлорофилла, пигментации, тургора, которые довольно просто регистрируются с помощью специальных приборов.

Экологическое состояние урбанизированных почв оценивали, анализируя полученные для рекреационной, селитебно-транспортной и

промышленной зон города физико-химические (рН, содержание углерода, фосфора, калия, тяжелых металлов (ТМ), полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) и биотические (характеристики микробного пула, дыхание почв, влияние почвенных вытяжек на простейших, водоросли и бактерии) показатели [10, 11, 13-17]. Для экологической оценки качества воздушной среды были выбраны следующие биотические показатели: состав фотосинтетического пигментного комплекса древесных растений, содержание общих липидов в вегетативной биомассе этих растений, показатель санитарного состояния городских насаждений (Б_{с.с.н.}). Численность и видовое разнообразие микромицетов в воздушной среде использовали как дополнительные критерии оценки качества воздуха. Для адекватной оценки состояния воздушной среды необходимы также прямые замеры физико-химических параметров, в качестве которых служили показатели пылевой нагрузки, содержания ТМ и ПАУ в нерастворимой фракции снега [18-22]. Абсолютные значения измеренных показателей (статистически усреднённых за три года исследований) переводили в относительные, сравнивая с таковыми для фоновой территории (в 35 км от города) или рекреационной зоны города.

Оценка экологического состояния наземной среды. В табл. 1 представлены значения измеренных показателей в абсолютных и относительных единицах. Получены как положительные, так и отрицательные отклонения от фоновых значений – для почв рекреационной и селитебно-транспортной зон выявлено увеличение некоторых показателей относительно фона, а для почв промышленной зоны с высоким уровнем загрязнения обнаружено уменьшение значений большинства показателей. На основании полученных

значений потери качества химических и биотических показателей установлены диапазоны их отклонений от фоновых значений.

Оценка экологического состояния почв г.Благовещенска в соответствии с приведенной шкалой свидетельствует, что в рекреационной зоне потеря качества почвами в среднем соответствует второму уровню (диапазон отклонений от фонового уровня составляет от -15% до +24%), что отвечает экологической норме. Но по содержанию ПАУ почвы рекреационной зоны города относятся к загрязненным [14, 15, 22]. В почвах селитебно-транспортной зоны со средним уровнем загрязнения ТМ и высоким уровнем загрязнения ПАУ потеря качества почвами соответствует 2-4 уровням (диапазон отклонений составляет от -22% до +38%), при этом отмечается увеличение большинства показателей относительно фона. В этих почвах выявлено изменение структуры природных микробиоценозов. Микроскопические грибы находятся в стрессовом состоянии – обнаружено увеличение разнообразия, как защитная реакция микроорганизмов, в одних точках наблюдения, либо упрощение структуры сообществ в других точках исследования. Состояние почв соответствует экологической норме, но в отдельных точках наблюдается переходное состояние в зону экологического риска. Почвы промышленной зоны с высоким уровнем загрязнения как ТМ, так и ПАУ характеризуются отрицательными отклонениями большинства показателей относительно фоновых значений. Средние значения потери качества почвами колеблются в пределах от -39% до +49%, что соответствует 4-5 уровням по шкале нормирования (зона деградации) и указывает на невозможность их самовосстановления.

Таблица 1. Анализ значений химических и биотических показателей почвы в различных функциональных зонах г. Благовещенска в соответствии с 5-уровневой шкалой оценки экологического состояния

Показатели, единицы измерения абсолютных величин	Фон	Абсолютные и относительные значения показателей		
		рекреационная зона	селитебно-транспортная зона	промышленная зона
1	2	3	4	5
рН	6,4/100	6,8/106(6)*	7,3/114(14)*	7,6/119(19)*
органический углерод, %	2,61/100	4,3/164(64)*	2,4/91(-9)*	1,9/73(-23)*
подвижный фосфор, мг/кг	304/100	444/146(46)*	252/82(-18)*	129/42(-56)*
подвижный калий, мг/кг	188/100	215/114(14)*	296/157(57)*	152/80(-20)*
биомасса микромицетов, мкг/г	5,3/100	6,4/121(21)*	2,3/43(-57)*	1,5/28(-62)*
численность микромицетов, тыс. КОЕ/г	30/100	22/73(-27)*	39,5/131(31)*	12/40(-60)*
число видов микромицетов, ед.	10/100	14/140(40)*	15/150(50)*	6/55(-40)*
видовое разнообразие по Шеннону	2,7/100	2,9/107(7)*	3,22/119(19)*	1,8/67(-33)*
доля темноокрашенных видов, %	1/100	9/109(9)*	20/120(20)*	53/153(53)*
биотестирование, %				
- водоросли (численность клеток)	100/100	85/85(-15)*	87/87(-13)*	55/55(-45)*
- водоросли (замедленная флуорес-	100/100	117/117(17)*	198/198(98)*	85/85(-15)*

ценция) - дафнии - бактерии (гашение люминесценции)	100/100 100/100	94/94(-6)* 114/114(14)*	86/86(-14)* 118/118(18)*	75/75(-25)* 175/175(75)*
интенсивность дыхания почв, мкМ[CO ₂]/г·час	0,30/100	0,26/87(-13)*	0,24/80(-20)*	0,14/47(-53)*
Оценка экологического состояния урбанизированных почв в выделенных зонах города				
Среднее отклонение показателей от фона, %		от -15 до +24	от -22 до +38	от -39 до +49
Состояние урбанизированных экосистем		экологическая норма	переходное состояние от экологической нормы в зону экологического риска	зона деградации
Таксономическая структура сообщества микробиоты		сохранение структуры, аналогичной фоновой	увеличение разнообразия, или упрощение структуры	перестройка структуры сообщества
Z _c , средние значения		16	25	58
Оценка степени загрязнения почв ТМ		допустимый, низкий	средний, умеренно опасный	высокий, опасный
Коэффициент концентрации ПАУ		6,6	14,7	12,74
Оценка степени загрязнения почв ПАУ		загрязнённые	сильно загрязнённые	сильно загрязнённые

Примечание: числитель – средние значения показателей в абсолютных величинах, знаменатель – относительные значения, %; ()* – отклонение показателей от фоновых, %; КОЕ – колониеобразующие единицы; Z_c – показатель суммарного загрязнения ТМ [23].

Таким образом, при оценке качества наземной среды продемонстрировано сопряженное изменение значений биотических показателей и химических параметров почв в исследованных функциональных зонах города (рекреационной, селитебно-транспортной и промышленной). Результаты биодиагностики городских почв дают более полную характеристику экологического состояния городских экосистем.

Оценка экологического состояния воздушной среды. Концентратором поллютантов в воздухе является пыль. В зимний период приток пыли на поверхность городской территории (кг/км²) за сутки составляет от 14 до 210 мг/м² в сутки при медиане 66,0 мг/м²•сут., незначительно варьируя по выделенным функциональным зонам (табл. 2), что соответствует низкому уровню пылевой нагрузки на воздушную среду города в целом. Ореолы с более высокими значениями твёрдофазных выпадений 100-210 мг/м²•сут. простираются в зоне влияния промышленных предприятий, авто- и железнодорожного транспорта, а также в районах частного домовладения с печным отоплением. Суточная пылевая нагрузка на фоновой точке незначительная – меньше 1 мг/м², тогда как для континентальных территорий фоновой считается пылевая нагрузка в 10-20 мг/м² в сутки [23]. По состоянию снежного покрова были выявлены локальные загрязнения воздушной среды г. Благовещенска ТМ (цинк-медь-кадмиевого характера) и ПАУ [13, 22]. Суммарный показатель загрязнения

снежного покрова тяжёлыми металлами, рассчитанный в соответствии с рекомендациями [23, 24], и пылевая нагрузка свидетельствуют о допустимом, низком уровне загрязнения атмосферного воздуха во всех условно выделенных функциональных зонах, поэтому отклонения физико-химических показателей состояния воздушной среды в селитебно-транспортной и промышленной зонах рассчитывали относительно рекреационной.

Из биотических показателей наиболее чувствительными оказались микробиологические (общая численность микробиоты, их видовое разнообразие), показатели общего санитарного состояния городских насаждений и количество фотосинтетических пигментов в вегетативной массе у наиболее широко представленных древесных видов. Численность микроскопических грибов в снеговом покрове на всей городской территории в целом оказалась невысокая, а в воздухе промышленной зоны ещё ниже (КОЕ/мл): рекреационная зона (9,3x10³) >селитебно-транспортная зона (3,2x10³) >промышленная зона (1,7x10³). Кроме того, в воздушной среде промышленной зоны присутствует большое число условно патогенных и токсинообразующих видов грибов (до 63% и 54% от числа выделенных, соответственно). Показатель санитарного состояния городских зелёных насаждений в промышленной зоне ниже, чем в рекреационной [21], что также свидетельствует о снижении качества атмосферного воздуха в зоне влия-

ния выбросов от сжигания твердого углеродного топлива, промышленных предприятий и автотранспорта. Причиной снижения количества фотосинтезирующих пигментов и резкие сдвиги в соотношении их основных групп могут быть высокие концентрации ТМ в почве и воздухе. Но сведений по адаптации фотосинтетического пигментного комплекса древесных растений к условиям урбанизации недостаточно, так как интенсивность фотосинтеза зависит, помимо всего прочего, от абиотических и биотических факторов среды.

Разброс потерь качества воздушной среды в селитебно-транспортной и промышленной зонах (относительно рекреационной) по микробным индикаторам составляет от -65 до +60% и от -82 до +65% соответственно; по фитоиндикационным показателям диапазоны колебаний потерь качества достигают от -54% до +12% и от -27% до +12% соответственно, при этом по физико-химическим показателям загрязнение воздушной среды всех

функциональных зон города тяжелыми металлами и пылью оценивается как допустимое, низкое.

Допустимое содержание поллютантов в деполирующих и динамических природных средах формируются по разному принципу, следовательно, применение критериев 5-уровневой шкалы для оценки качества атмосферы малопромышленной урбанизированной территории на данном этапе исследований невозможно. Но такие показатели как численность и структура сообщества микроскопических грибов, количество фотосинтетических пигментов древесных растений концептуально могут быть использованы в качестве биоиндикаторов качества воздушной среды урбанизированных экосистем. Предпринятая попытка анализа комплексного подхода к оценке состояния городских экосистем с использованием химических и биотических характеристик показала, что состояние биоты напрямую зависит от состояния остальных компонент окружающей среды и четко реагирует на негативные воздействия любого происхождения.

Таблица 2. Анализ показателей качества атмосферного воздуха в различных функциональных зонах г. Благовещенска

Показатели, единицы измерения абсолютных величин	Фон	Абсолютные и относительные значения показателей		
		рекреационная зона	селитебно-транспортная зона	промышленная зона
1	2	3	4	5
Пылевая нагрузка, кг/км ² •сут.	1	60	64/6**	104/73**
Z _c ТМ в нерастворимом осадке снега	1	12	9/-25**	18/50**
ПАУ в снеге, мкг/кг	1–1,8	33	183/450**	141/330**
Численность микромицетов, КОЕ*10 ³ /г	0,8	9,3	3,2/-65**	1,7/-82**
видовое разнообразие микромицетов, %				
p. <i>Mucor</i>	42	7,7	но	но
p. <i>Penicillium</i>	38	30,7	11,1	18,1
p. <i>Trichoderma</i>	13	7,7	3,3–11,1	но
<i>Mycellia sterilia</i>	7	7,7	3	но
p. <i>Coniothyrium</i>	но	23	13,3	9
p. <i>Cladosporium</i>	но	7,7	6,6 – 55,5	18,1
p. <i>Alternaria</i>	но	но	3,3	27,2
p. <i>Fusarium</i>	но	но	22,2–66,6	9
p. <i>Aspergillus</i>	но	но	но	18,1
Доля темноокрашенных видов, %	0	30,7	45,4–83,2/48–71**	81,4/65**
таксономическая структура сообщества микромицетов		незначительное изменение структуры сообщества*	перестройка структуры в сторону увеличения доли темноокрашенных и фитопатогенных видов*	
показатели растений				
фотосинтетические пигменты, мг/100 г с.в.	690	450–670	280–310/-38...-54**	340–490/-24...-27**
общие липиды, мг/г с.в.	69–	не опр.	не опр.	47–78/-27...

	107			32*
Б _{с.с.н.}	не опр.	1,9	2,13/12**	2,12/12**
оценка экологического состояния воздушной среды				
пределы потерь качества воздушной средой селитебно-транспортной и промышленной зон относительно рекреационной зоны, %				
по микробным индикаторам			от -65 до +60	от -82 до +65
по фитоиндикаторам			от -54 до +12	от -27 до +12
степень пылевой нагрузки		низкий уровень		
степень загрязнения снежного покрова ТМ		низкий уровень		

Примечание: числитель – средние значения физико-химических и микробиологических показателей в абсолютных единицах; знаменатель: * – отклонение показателей от фоновых, %; ** – отклонение показателей от рекреационных, %; но – не обнаружено; не опр. – не определяли; Z_c – показатель суммарного загрязнения ТМ.

Преимущество использования биотических показателей заключается в их большей объективности. Но для адекватного отражения степени негативного воздействия на экосистему результаты биоиндикации необходимо дополнять физико-химическими показателями окружающей среды. Сочетание разных подходов наиболее эффективно в оценке качества окружающей среды и позволяет дать наиболее полную характеристику экологического состояния урбанизированной территории. При этом состояние экосистемы в целом достаточно надежно можно оценить по результатам биоиндикации, а оценка физико-химических параметров каждой из составляющих экосистемы помогает понять, какие из антропогенных факторов значительно ухудшают компоненты окружающей среды и как именно это происходит. Для оценки состояния почвенных ценозов метод микробиологической диагностики заслуживает особенного внимания. Для оценки состояния атмосферного воздуха высока индикаторная значимость растений, и необходимая система оценок может быть разработана на основе биохимических методов, но необходимы дополнительные исследования.

Выводы: предлагаемая система показателей биотического контроля нацелена на разностороннюю характеристику состояния окружающей среды. Полученные данные могут быть использованы для прогнозирования экологической обстановки на локальном и региональном уровнях, а также при решении различных прикладных задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Воробейчик, Е.Л. Экологическое нормирование токсических нагрузок на наземные экосистемы: автореф. дис.... д.б.н. – Екатеринбург, 2003. 54 с.
2. Мелехова, О.П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование. Монография // О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евсеева и др. – М.: Изд. Центр «Академия», 2007. 288 с.
3. Евстафьева, Е.В. Биогеохимические основы экологического нормирования: практические шаги и перспективы внедрения в крымском регионе / Е.В. Евстафьева, С.А. Карпенко // VIII межд. Биогеохим. школа, посвященная 150-летию со дня рождения академика В.И. Вернадского. Гродненский гос. ун-т: сб. мат. – М.: ГЕОХИ РАН, 2013. С. 43-47.
4. Об охране окружающей среды: Федер. закон: принят Госдумой РФ 10.01.2002 № 7-ФЗ: Российская газета, № 6. 12.01.2002 URL: <http://www.rg.ru/2002/01/12/oxranasredy-dok.html> (дата обращения 04.05.2015).
5. Корчагина, К.В. Оценка техногенного загрязнения городских почв на основе профильного распределения тяжелых металлов и плотности сложения / К.В. Корчагина, А.В. Смагин, Т.В. Решетина // Почвоведение. 2014. №8. С. 988-997.
6. Терехова, В.А. «Триадный» подход к экологической оценке городских почв / В.А. Терехова, М.А. Пукальчик, А.С. Яковлев // Почвоведение. 2014. №9. С. 1145-1152.
7. Прохорова, Н.В. Ландшафтный подход в региональных эколого-геохимических исследованиях // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2004. Т. 6, №2. С. 259-265.
8. Яковлев, А.С. Методика экологической оценки состояния почвы и нормирования ее качества / А.С. Яковлев, В.М. Гендугов, Г.П. Глазунов и др. // Почвоведение. 2009. №8. С. 984-995.
9. Яковлев, А.С. Управление качеством городских почв: учебно-методическое пособие / А.С. Яковлев, Т.В. Решетина, А.П. Сизов и др. Монография. – М.: МАКС Пресс, 2010. 96 с.
10. Шумилова, Л.П. Оценка экологического состояния почв и воздушной среды г. Благовещенска: автореф. дис.... к.б.н. – Владивосток, 2012. 22 с.
11. Шумилова, Л.П. Экспериментальная оценка экологического качества почв города Благовещенска / Л.П. Шумилова, В.А. Терехова // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии: третья Всерос. науч. конф.: сб. докл. – Благовещенск: ИГиП ДВО. 2014. Т. 2. С. 178-181.
12. Бобылев, С.Н. Устойчивое развитие: методология и методика измерения. Монография. – М.: Экономика, 2011. 358 с.
13. Куимова, Н.Г. Эколого-геохимическая оценка аэротехногенного загрязнения урбанизированной территории по состоянию снежного покрова / Н.Г. Куимова, А.Г. Сергеева, Л.П. Шумилова и др. // Геоэкология. Инженерная геоэкология. Гидрогеология. Геокринология. 2012. №5. С. 422-435.
14. Котельникова, И.М. Полициклические ароматические углеводороды в снежном покрове и почвах

- г.Благовещенска / И.М. Котельникова, А.Г. Сергеева, Н.Г. Куимова // Экология и промышленность России. 2013. №4. С. 44-50.
15. Котельникова, И.М. Полициклические ароматические углеводороды в природных средах г. Благовещенска: распространение, источники, поиск деструкторов / И.М. Котельникова, А.Г. Сергеева, Л.М. Павлова // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии: третья Всерос. науч. конф.: сб. докл. – Благовещенск: ИГиП ДВО. 2014. Т. 2. С. 139-142.
16. Куимова, Н.Г. Условно патогенные грибы как показатель санитарного благосостояния городской среды / Н.Г. Куимова, Л.П. Шумилова // Известия Самарского научного центра РАН. 2009. Т. 11. С. 1160-1163.
17. Куимова, Н.Г. Фитотоксичность микроскопических грибов как показатель загрязнения экосистем тяжёлыми металлами / Н.Г. Куимова, Л.П. Шумилова, Л.М. Павлова // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2012. №1. С. 102-107.
18. Павлова, Л.М. Состояние фотосинтетических пигментов в вегетативных органах древесных растений в городской среде / Л.М. Павлова, И.М. Котельникова, Н.Г. Куимова и др. // Экология урбанизированных территорий. 2010. №2. С. 98-105.
19. Павлова, Л.М. Фотосинтетический аппарат *Ulmus pumila* L. как биоиндикатор качества окружающей среды / Л.М. Павлова, И.М. Котельникова, В.И. Радомская // Вопросы геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии: вторая Всерос. науч. конф.: сб. докл. – Благовещенск: ИГиП ДВО. 2012. С. 226-230.
20. Павлова, Л.М. Оценка санитарного состояния древесных насаждений г. Благовещенска / Л.М. Павлова, И.М. Котельникова, Н.Г. Куимова, Н.А. Тимченко // Вестник Поморского университета. Серия: Естественные науки. 2010. №1. С. 55-62.
21. Павлова, Л.М. Санитарно-фитопатологический анализ состояния древесно-кустарниковых насаждений на территории г. Благовещенска / Л.М. Павлова, Н.А. Тимченко // Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии. 2011. № 44-3. С. 152-158.
22. Котельникова, И.М. Полициклические ароматические углеводороды в твердых частицах снежного покрова как показатели загрязнения городской атмосферы / И.М. Котельникова, Н.Г. Куимова, Л.М. Павлова и др. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 13, № 1(6). С. 1341-1346.
23. Саен, Ю.Е. Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саен, Б.А. Ревич, Е.П. Янин. Монография. – М.: Недра, 1990. 335 с.
24. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве. Монография. – М.: ИМГРЭ, 1990. 16 с.

ANALYSIS OF THE BIOTIC CONTROL FOR ESTIMATION THE ENVIRONMENTAL STATE

© 2015 L.M. Pavlova¹, L.P. Shumilova¹, V.I. Radomsкая¹, I.M. Kotelnikova²,
N.A. Timchenko³, A.G. Sergeeva¹

¹ Institute of Geology and Nature Management FEB RAS

² Amur Branch of Botanical Garden-institute FEB RAS

³ Far East State Agricultural University

Biotic indicators and the range of their changes under anthropogenic impact on the urban ecosystem environment are revealed. The choiced indicators are suggested to apply as estimated parameters for land and air environmental monitoring.

Key words: urban ecosystem, biotic indicators, environmental assessment, ecological state

Lyudmila Pavlova, Candidate of Biology, Chief of the Biogeochemistry Laboratory. E-mail: pav@ascnet.ru

Lyudmila Shumilova, Candidate of Biology, Senior Research Fellow at the Biogeochemistry Laboratory. E-mail: shumilova.85@mail.ru

Valentina Radomsкая, Candidate of Chemistry, Leading Research Fellow at the Biogeochemistry Laboratory. E-mail: radomsкая@ascnet.ru

Irina Kotelnikova, Candidate of Biology, Scientific Secretary. E-mail: irina.kotelnikova@gmail.com

Nataliya Timchenko, Candidate of Biology, Associate Professor at the Forestry Department. E-mail: timchenko-nat@mail.ru

Alyona Sergeeva, Minor Research Fellow at the Biogeochemistry Laboratory. E-mail: skomoroshko@mail.ru