

УДК 519.2

РАЗВИТИЕ БИОГЕОХИМИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ НОРМИРОВАНИЮ ХИМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ НА ПРИРОДНЫЕ СРЕДЫ

В.З. Латыпова, С.Ю. Селивановская, Н.Ю. Степанова, Е.А. Минакова

Аннотация

В данной статье представлены обобщенные подходы к нормированию антропогенной нагрузки на почвы и поверхностные водоемы, в основе которых лежит экспериментальное и расчетное определение допустимых уровней нагрузки, обеспечивающих экологически безопасное функционирование биологических систем.

Введение

В настоящее время сложилась известная ситуация, когда на фоне хорошо разработанной системы санитарно-гигиенического нормирования, широко действующей в России при решении экологических проблем на всех уровнях, нацеленной на поддержание здоровья человека в норме и используемой не вполне корректно в качестве нормативной базы для регламентации техногенных нагрузок на экосистемы, возникает потребность в параллельном развитии системы экологического нормирования. Необходимость разработки специальных, новых подходов к экологическому нормированию антропогенных нагрузок на экосистемы связана с необходимостью смены объекта нормирования, т. к. безопасные для человека уровни загрязнения оказываются часто губительными для живых организмов с их важнейшими для функционирования биосферы функциями. Экологическое нормирование находится в настоящее время в стадии становления.

Основной целью экологического нормирования является регламентация антропогенного воздействия до уровня, исключающего существенные и длительные структурно-функциональные изменения экосистемы, обеспечивающего рациональное природопользование и охрану социальных систем, а также среды обитания нецелевой биоты. Современная российская концепция экологического нормирования определяет его как деятельность, направленную на установление системы нормативов состояния и нормативов предельно допустимого воздействия на экосистемы, необходимых для эффективного осуществления природоохранного управления. Предполагается, что нормативы состояния должны основываться на тех характеристиках экосистем, которые наиболее информативно реагируют на антропогенное воздействие, значимое для состояния данной экосистемы в целом. Подразумевается также, что, в свою очередь, установление нормативов предельно допустимых воздействий на экоси-

стемы способствует регулированию загрязнения окружающей среды, изъятия природных ресурсов, ограничению антропогенной трансформации экосистем.

Работы кафедры прикладной экологии и лаборатории экологического контроля КГУ последних лет (1999–2004 гг.) связаны с развитием подходов к экологическому нормированию нагрузок на природные среды в условиях их химического загрязнения. В статье обобщаются некоторые экспериментальные материалы и подходы на конкретных примерах наземных и водных экосистем в условиях их химического загрязнения.

1. Экологическое нормирование антропогенной нагрузки на наземные экосистемы (на примере воздействия многокомпонентных осадков сточных вод на экосистемы лесных питомников)

Последние десятилетия все сточные воды, образующиеся в крупных городах, подвергаются биологической очистке, прежде чем происходит их сброс в природные водоемы. Однако, решив проблему загрязнения природных водоемов, т. е. предотвратив их загрязнение, мы неизбежно сталкиваемся с другой проблемой – накоплением осадков, образующихся при биологической очистке. Осадки сточных вод накапливаются в огромном количестве и при хранении представляют угрозу природной среде [1–7]. Любой из используемых способов обращения с осадками (хранение на иловых полях, размещение или захоронение на полигонах, использование в качестве удобрения и т. д.) неизбежно влечет за собой негативные изменения в природной среде.

Одним из рациональных способов обращения с подобным многотоннажным отходом, содержащим значительное количество органических элементов, является утилизация его в качестве почвоулучшителя. Этот способ, возвращающий биогенные элементы в естественный круговорот, отвечает современной концепции устойчивого развития. Однако предсказать последствия подобного воздействия и уменьшить потенциальный негативный эффект возможно, лишь используя приемы, развиваемые в рамках экологического нормирования. Более того, именно исходя из принципов экологического нормирования, каждый конкретный случай применения осадков должен предваряться экспериментальным обоснованием норм воздействия и сопровождаться системой мониторинга за состоянием почв и качеством выращиваемых растений. Такая необходимость обусловлена различиями почвенных характеристик, широким спектром и различиями в формах компонентов, входящих в состав осадков, различной интенсивностью почвенных микробиологических процессов, а также разнообразием выращиваемых в лесных питомниках растений.

Для того чтобы определить, какой уровень воздействия окажет позитивный эффект на сеянцы древесных культур, представителей целевой биоты, и не вызовет негативной реакции на микробные сообщества почвы, был проведен многолетний полевой эксперимент, в котором варьировалась нагрузка, количественно выражаемая в различных дозах и периодичности внесения. В качестве нормального состояния экосистемы рассматривались контрольные участки, без внесения компоста из осадка сточных вод. Многолетние исследования проводили в лесном питомнике Матюшенского лесничества Пригородного лесхоза Республики Татарстан. Схема внесения компоста представлена в табл. 1.

Табл. 1
 Схема внесения (т/га) компоста в почву лесного питомника полевом эксперименте

Первая ротация			Вторая ротация		Третья ротация	
Шифр варианта	1998 г.*	1999 г.**	Шифр варианта	2001 г.**	Шифр варианта	2004 г.**
30о	30***	–	25	25	25	25
60о	60	–	50	50	50	59
90о	90	–	75	75	75	75
30в	–	30	30п	–	30п	30
60в	–	60	60п	–	60п	60
90в	–	90	90п	–	90п	90
			100	100	100п	–
			150	150	150п	–
			175	175	175п	–
					100	100
					150	150
					175	175

*Осеннее внесение компоста.

**Весеннее внесение компоста.

***Экологически допустимая доза внесения компоста.

В настоящее время различные авторы предлагают широчайший спектр параметров, отражающих состояния экосистемы и ее изменения. Для проведения экологического нормирования были проанализированы параметры, характеризующие состояние почвы, оцениваемое химическими методами (содержание органического вещества и азота, почвенная кислотность, содержание токсичных элементов) и биологическими методами (уровень микробной биомассы, численность отдельных групп микроорганизмов, а также их активность). Кроме этого, был проанализирован ответный отклик на различные уровни антропогенной нагрузки целевой биоты – всходов и семян сосны обыкновенной, а именно их численность, морфометрические характеристики и их биомасса. Сравнение указанных показателей в контрольном варианте с соответствующими значениями в опытных вариантах методами математической статистики позволило выявить некоторые закономерности фундаментального характера, касающиеся функционирования почвенных микробных сообществ, а также сделать заключение об экологически допустимом уровне нагрузки компонентов компоста (табл. 1).

Результатом проведенных многолетних исследований, позволивших оценить как кратковременные, так и пролонгированные эффекты воздействия, явилось определение допустимой нагрузки компоста из осадка сточных вод на экосистему лесного питомника. Последующее применение компоста в соответствии с предложенной технологией подтвердило правильность рекомендуемой нагрузки.

Рассмотренный пример является классической процедурой регионального экологического нормирования химической нагрузки на наземные экосистемы: здесь обеспечиваются намеченные человеком цели рационального природопользования и безопасность среды обитания нецелевой биоты.

Гораздо более сложно нормировать химические нагрузки на водные экосистемы.

2. Экологическое нормирование антропогенных нагрузок на водные экосистемы (на примере организованных и диффузных источников химического загрязнения)

Неудовлетворительное качество вод рек, озер, водохранилищ доказывает, что действующая в настоящее время в России система регулирования антропогенного воздействия на водные объекты является недостаточно эффективной. В большой степени такое положение обусловлено, с одной стороны, несовершенством методики нормирования антропогенной нагрузки от точечных источников загрязнения, а с другой – отсутствием реально действующих экономических, административно-правовых и организационных механизмов поэтапного снижения нагрузки на водные экосистемы.

При всем многообразии подходов нет единой методологии количественного изучения таких важнейших, с точки зрения нормирования, факторов, как формирование концентраций загрязняющих веществ в водном объекте, интенсивность миграционных потоков между биотическими и абиотическими компонентами, их ассимиляция компонентами водной экосистемы, ответный отклик сообществ гидробионтов на химическую нагрузку, емкость и роль осадков в процессах самоочищения.

В последние годы в европейских странах широко развернуты работы по экологическому нормированию воздействия на водные экосистемы, в процедуру нормирования, помимо воды, закономерно вошли также и донные отложения как наиболее важный с точки зрения интенсивности самоочищения, но и опасный компонент водной экосистемы среда депонирования загрязняющих веществ.

В России подобные работы находятся в начальной стадии, можно отметить лишь единичные попытки разработки экологических нормативов содержания индивидуальных соединений в донных отложениях с использованием геохимического и токсикологического подходов.

В результате сравнительного анализа возможностей разных методов и проведенных экспериментов обоснованы экологические критерии, предложены и апробированы некоторые подходы к экологическому нормированию химических нагрузок. Эти подходы включают то или иное сочетание различных методов (геохимический, экспериментально-расчетный, токсикологический) не только в зависимости от типа источника загрязнения (организованные либо диффузные), но и от природы токсиканта: это могут быть вещества природного происхождения (например, металлы биогенных элементов) и чуждые природе соединения – ксенобиотики (например, чужеродные органические соединения).

Разработанные экологические критерии нормирования нагрузки на водные экосистемы показаны в данной работе на примере организованного источника загрязнения Куйбышевского водохранилища органическими и неорганическими токсикантами и диффузного источника загрязнения притока (р. Казанка) биогенными элементами.

2.1. Организованный источник загрязнения. Предложенный подход к поэтапному определению экологически обоснованных нагрузок на водные объекты базируется не на качестве сбросов в «конце трубы», а на ассимилирующей способности принимающей их водной экосистемы, определяемой как эффектом разбавления, так и процессами самоочищения (рис. 1).

Как было показано в ранее опубликованных работах [8], ассимилирующая способность Куйбышевского водохранилища неоднородна на различных участках, которые можно условно ранжировать на следующие основные типы: первый – песчаное дно, пониженная сорбционная емкость грунта, быстрое течение, малая инерция ответной реакции на повышенное загрязнение, что выражается в высокой чувствительности к антропогенной нагрузке; второй – илисто-глинистое дно, повышенная сорбционная емкость, малые скорости течения, большая инерция ответной реакции на повышенное загрязнение, и как следствие, меньшая чувствительность к химической нагрузке. Подобное разделение акватории водохранилища позволяет прогнозировать процессы ассимиляции загрязняющих веществ, поступающих с организованным выпуском сточных вод, в донных отложениях.

Начальные этапы предлагаемого подхода состоят в разработке системы экологического нормирования предельных уровней содержания (ПДУ_{до}) органических и неорганических токсикантов в донных отложениях разного типа [9–10]. Данная система включает оптимизируемую в зависимости от природы токсиканта совокупность различных методов (геохимический, экспериментально-расчетный, токсикологический) с учетом лимитирующих признаков вредности, а также критерии, которым должны удовлетворять рекомендуемые нормативы (учитывать тип донных отложений, токсический эффект при совместном присутствии загрязняющих веществ и геохимический фон).

С использованием предложенной системы экологического нормирования качества донных отложений водохранилищ в условиях химического загрязнения и массива литературных и собственных экспериментальных данных рассчитаны региональные значения предельно допустимых уровней (ПДУ_{до}) содержания элементов (Cu, Cd, Pb, Zn, Ni, Cr, Co, Hg, As) и ряда органических поллютантов (ДДТ и его метаболиты, ГХЦГ, алдрин, гексахлорбензол, бенз(а)пирен) в донных отложениях Куйбышевского водохранилища с различными сорбционными свойствами («пески» и «глинистые илы»). Показано, что в основе нормативов содержания токсичных элементов, определенных экспериментально-расчетным методом, лежит водно-миграционный, а органических токсикантов – транслокационный в ихтиофауну лимитирующий признак вредности [9–11]. Обоснованные в данных работах нормативы качества донных отложений (ПДУ_{до}) носят региональный характер и могут быть встроены в общую систему отечественных эколого-токсикологических нормативов качества водных и рыбных ресурсов. Их достоверность подтверждается тем, что они хорошо вписываются в диапазон опубликованных нормативов для донных отложений пресноводных систем США, Канады, Нидерландов и Бельгии [12–15].

При этом к величинам рекомендуемых ПДУ_{до} предъявлялись следующие сформулированные в данной работе критерии: 1) норматив не должен быть ниже современного фонового уровня, иначе его использование теряет всякий

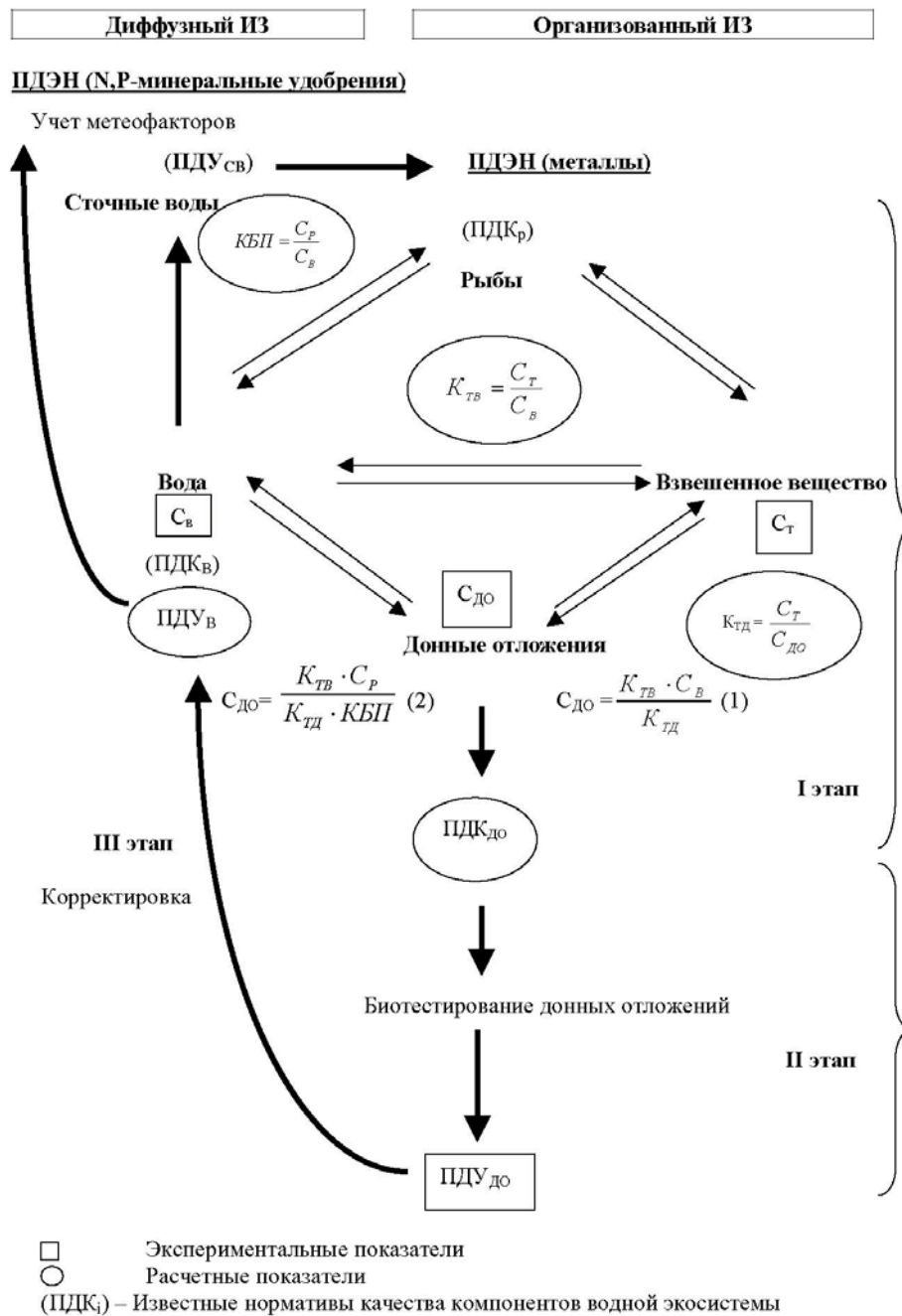


Рис. 1. Схема поэтапного экспериментально-расчетного нормирования ПДЭН природных ингредиентов на водные экосистемы

смысл; 2) норматив должен учитывать токсический эффект при совместном присутствии загрязняющих веществ в донных отложениях, а также возможность миграции по пищевой цепи и накопления в ее высших звеньях; 3) норматив должен быть привязан к определенному типу донных отложений.

Однако подобные нормативы относятся к нормативам т. н. первого уровня – это величины предельно безопасного уровня загрязнения – нормативы состояния. Чтобы нормативы стали эффективной базой управления природопользованием, принципиально важно, чтобы оно не ограничивалось первичными нормативами, а было доведено до логического завершения – до получения нормативов второго уровня – предельных значений антропогенных нагрузок.

Следующий этап нормирования нагрузки организованного источника загрязнения заключается в последовательном пересчете значений ПДУ_{до} (рис. 1, ур. 1) в содержании токсикантов в природной воде – ПДУ_в (это экологически безопасный для сообществ бентосных организмов уровень содержания металлов в воде) и далее – в сточной воде ПДУ_{св} (это экологически безопасный уровень содержания металлов в сточной воде, отводимой в исследуемый водоем – приемник с присущим ему региональными особенностями, изученными характеристиками для него параметрами состояния), что позволяет рассчитать экологически обоснованные предельные нагрузки ПДЭН токсикантов на водоем – приемник.

Расчитанные допустимые значения (ПДУ_в) содержания ряда элементов в воде (табл. 2) являются экологически обоснованными с точки зрения благополучия бентосного и планктонного сообщества, что было подтверждено серией токсикологических экспериментов. Полученные значения значительно ниже величин ПДК, установленных для рыбохозяйственных водоемов, что обусловлено процедурой, не учитывающей одновременного присутствия в воде различных токсикантов. В основу расчета были взяты результаты токсикологических экспериментов, проведенных на натуральных пробах воды и донных отложений Куйбышевского водохранилища с учетом физико-химических особенностей водной экосистемы, геохимического фона и ассимилирующей емкости донных отложений соответствующего типа. Кроме того, представляется целесообразным дифференцировать нормативы по отношению к форме нахождения металла, поскольку наиболее опасными с точки зрения включения в биохимические циклы являются их растворенные формы, в то время как в практике экологического мониторинга часто оперируют данными по общему содержанию металлов в воде.

Как уже отмечалось выше, существующее положение нормативной базы по ограничению воздействия от организованного выпуска сточных вод подразумевает необоснованное жесткое регламентирование содержания веществ, обладающих одним типом воздействия на живой организм, т. е. относящихся к одному лимитирующему показателю вредности. Крупные предприятия, такие, как коммунальные предприятия, обеспечивающие очистку городских сточных вод, в своих выпусках содержат большой набор веществ, нормируемых с учетом эффекта суммации. Таким образом, норматив предельно допустимого сброса (ПДС) представляет собой значение во много раз меньшее, чем соответствующее ПДК. Предприятие не может выполнить обязательств по снижению фактического содержания токсикантов в сточной воде из-за отсутствия технических возможностей, в таких условиях устанавливаются временно согласованные сбросы (ВСС), зачастую, на уровне фактического содержания загрязняющих веществ (табл. 3) с предписанием выполнения профилактических ме-

Табл. 2
Некоторые нормативы качества воды и нормативы химической нагрузки
на Куйбышевское водохранилище

Эле- мент	ПДК _{р/х}	ПДУ _в		С _{св}	ПДС _в	ВСС _в	ПДЭН/в*	
		1	2				1	2
Cu	1.0	0.10/0.27**	0.68/1.84	21.0	0.10	40.0	2.50/6.75	17.0/46.0
Cd	1.0	0.03/0.05	0.10/0.18	0.5	0.1	5.0	0.75/1.25	2.5/4.5
Pb	10.0	0.014/0.17	0.06/0.71	10.0	1.3	100	0.35/4.25	1.5/17.7
As	1.0	–	0.49/1.14	0.1	0.1	1.0	–	12.2/28.5
Zn	10.0	0.37/3.03	0.53/4.33	6.0	1.0	20.0	9.25/75.7	13.2/108.2
Cr	1.0	0.04/0.31	0.20/1.54	10.0	0.2	20.0	1.0/1.24	5.0/38.5
Co	10.0	0.03/0.20	0.08/0.54	7.0	1.0	10.0	0.75/5.0	2.0/13.5
Ni	10.0	0.15/0.91	0.38/2.30	5.0	1.0	10.0	3.75/22.7	9.5/57.5
Hg	0.1	0.000012/ 0.00019	0.00004/ 0.0006	0.0005	0.0005	0.01	0.0003/ 0.0047	0.001/ 0.015

Примечания.

Содержание (мкг/л) металлов в воде рыбохозяйственного назначения (ПДК_{р/х}), рассчитанные значения с учетом ассимилирующей возможности экосистемы (ПДУ_в), в сточной воде (С_{св}) на выпуске в водоем, установленные нормативы (ПДС_в), временно разрешенные нормативы (ВСС_в) и предлагаемые значения предельно-допустимой нагрузки (ПДЭН/в) на водоем.

* объем сточных вод (м³/сут).

** содержание растворенных форм металлов (в числителе), содержание общих форм металлов (в знаменателе).

1 – участок водохранилища с песчаным, 2 – участок водохранилища с илисто-глинистым дном.

роприятий. Все это приводит к отсутствию экономического стимула к внедрению природоохранных технологий, необоснованным платежам за загрязнение окружающей среды.

Табл. 3

Расчетная предельно допустимая нагрузка фосфорных (ПДЭН_Р) и азотных (ПДЭН_Н) удобрений (по действующему веществу – д. в.) на водосбор р. Казанки с учетом гидрометеорологических особенностей территории

$T, ^\circ\text{C}$	ПДЭН _Р , кг д.в./га пашни	R_a , мм	ПДЭН _Н , кг д.в./га пашни
T_{max}	150	R_{max}	420
T_{cp}	180	R_{cp}	330
T_{min}	220	R_{min}	150

В предлагаемом подходе расчета нормативов на сбросе загрязняющих веществ от организованного источника учет эффекта суммации загрязняющих веществ уже заключен в значениях ПДУ_В, рассчитанных, исходя из сложившихся геохимических условий конкретного водоема. Поэтому при переводе экологических нормативов содержания металлов в воде (ПДУ_В) в нормативы в сточной воде используется только коэффициент, определяющий разбавление сточных вод при сбросе через рассеивающий выпуск (в табл. 2 использован коэффициент, равный 25) в условиях залегания песчаных (1) и илистоглинистых (2) грунтов. Как видно из табл. 2, для большинства рассмотренных металлов рассчитанные значения нормативного содержания токсиканта в единице объема (ПДЭН/В) занимают промежуточное положение между соответствующими величинами ПДС/В и ВСС/В, тем самым они являются более мягкими, чем нежизнеспособные нормативы ПДС, но более жесткими, нежели устанавливаемые по факту значения ВСС.

2.2. Диффузный источник загрязнения. Значительный вклад в формирование химического состава поверхностных вод вносит поверхностный сток. Разработанные в последние годы концептуальные подходы к нормированию агротехногенных воздействий на водосборы учитывают, прежде всего и главным образом, факторы благополучия агроэкосистем, в ряде случаев признается также важность учета качества контактирующих с почвой сред.

Очевидно, что нормирование нагрузки удобрений на водосборную площадь должно учитывать, помимо задачи сохранения плодородия почв и качества сельскохозяйственной продукции, также и решение задач управления антропогенной нагрузкой на водный объект при анализе как природных процессов на водосборе, так и их изменений в результате хозяйственной деятельности. Величина допустимых доз внесения удобрений не может оставаться постоянной из года в год, так как, помимо прочих, зависит от региональных факторов влаго- и теплопереноса.

Была предпринята попытка обоснования подхода к корректировке региональных норм внесения фосфор- и азотсодержащих минеральных удобрений на

водосборную площадь реки в целях обеспечения требуемого нормативного качества вод с учетом гидрометеорологических и гидрологических факторов [11, 16]. В качестве объекта исследования выбрана р. Казанка с питающим ее водосбором, впадающая в Куйбышевское водохранилище. Выбор объекта исследования связан с выявленным преобладающим вкладом диффузных источников загрязнения (более 90%) в общее химическое загрязнение р. Казанки.

В основе предлагаемого подхода лежит, прежде всего, выявленная многопараметровая зависимость стока биогенных элементов (фосфора и азота), количества вносимых на водосборную площадь р. Казанки удобрений и параметров тепло- и влагообмена [11, 16]. Показано, что концентрация фосфора общего и азота аммонийного (по действующему веществу – д.в.) в воде р. Казанки достоверно зависит от метеорологических величин (среднегодовая температура воздуха T , °С; сумма атмосферных осадков R_a , мм, в период половодья) и доз (S_i кг д.в./га) внесения азотных и фосфорных удобрений под сельскохозяйственные культуры в бассейне реки:

$$C_{P(\text{общ})} = 0.74S_P + 0.20T - 0.97, \quad r = 0.96, \quad (1)$$

$$C_N = 0.59S_N - 0.492R_a + 0.51, \quad r = 0.91. \quad (2)$$

С использованием уравнений (1), (2) удается рассчитать предельно-допустимые экологические нагрузки биогенных элементов (ПДЭН_і) с учетом метеорологических условий водосбора, при которых соблюдается экологически обоснованное нормативное качество (ПДУ_в) речной воды (табл. 3). Рассчитанные значения ПДЭН_і отвечают экстремальным значениям температуры и суммы атмосферных осадков в речном бассейне и в неявном виде включают соответствующие характеристики типа почв, вида выращиваемых культур, прогнозируемого плодородия, параметры, влияющие на интенсивность поверхностного стока (эродируемость, залесенность водосбора и др.) и т. д.

Результаты работы легли в основу рекомендаций по оптимизации землепользования, обеспечивающих управление качеством поверхностных вод.

Таким образом, в работе обобщены некоторые экспериментальные материалы и подходы к нормированию доз внесения органического компоста для почвоулучшения при соблюдении условий экологической безопасности для биологических систем.

Обоснованы экологические критерии, предложена и апробирована система поэтапного экологического нормирования антропогенной нагрузки на водные экосистемы со стороны организованных и диффузных источников загрязнения. Развитая система апробирована на примере оценки химической нагрузки на водные экосистемы со стороны организованных и диффузных источников загрязнения в целях соблюдения экологически обоснованного нормативного качества поверхностных вод.

С использованием предложенных подходов рассчитаны некоторые региональные нормативы химической нагрузки на наземные и водные экосистемы.

Summary

V.Z. Latypova, S.Yu. Selivanovskaya, N.Yu. Stepanova, E.A. Minakova. Evolution of the biogeochemical methods of ecological regulation of the chemical load on the environment.

Generalized approaches to the regulation of the antropogenic load on soils and surface reservoirs are presented in this paper. These approaches are based on the experimental and calculation determination of the permissible levels of the chemical load ensuring environmentally sound functioning of the biological systems.

Литература

1. *Русаков Н.В., Мерзлая Г.Е., Афанасьев Р.А., Романенко Н.А., Новосильцев Г.И.* Эколого-гигиенические условия использования осадков сточных вод в земледелии // Гигиена и санитария. – 1995. – Т. 4, № 6. – С. 10–18.
2. *Hue N.V.* Sewage Sludge / Soil amendments and environmental quality. – Boca Raton: Lewis Publ., 1995. – P. 199–247.
3. *Soler-Rovira P., Soler-Soler J., Soler-Rovira J., Polo A.* Agricultural use of sewage sludge and its regulation // Fertilizer Research. – 1996. – No 43. – P. 173–177.
4. Municipal sewage management: A reference text on processing, utilization and disposal / Ed. C. Lue-Hing. – Lancaster, Basel: Technomic Publ. Co, 1998. – 790 p.
5. *Латыпова В.З., Селивановская С.Ю.* Некоторые подходы к оценке состояния и нормирования осадков сточных вод // Экологическая химия. – 1999. – Т. 8, Вып. 2. – С. 119–129.
6. *Selivanovskaya S.Yu., Latypova V.Z., Kiyamova S.N., Alimova F.K.* Use of microbial parameters to assess treatment methods of municipal sewage sludge applied to grey forest soils of Tatarstan // Agriculture, Ecosystems and Environment. – 2001. – V. 86, No 2. – P. 145–153.
7. *Selivanovskaya S.Yu., Latypova V.Z., Artamonova L.A.* Use of sewage sludge as the restoration agent on the degraded soil of Tatarstan // J. of Environmental Science and Health. Part A. – 2003. – V. A38, No 8. – P. 1559–1566.
8. *Степанова Н.Ю., Латыпова В.З., Анохина О.К., Тауров Р.Г.* Сорбционная способность и факторы формирования химического состава донных отложений Куйбышевского и Нижнекамского водохранилищ // Экологическая химия. – 2003. – Т. 12, № 2. – С. 105–116.
9. *Анохина О.К.* Экологическое нормирование содержания загрязняющих веществ в донных отложениях Куйбышевского водохранилища // Автореф. дис. ... канд. хим. наук. – Казань, 2004. – 24 с.
10. *Степанова С.Ю., Латыпова В.З., Яковлев В.А.* Экология Куйбышевского водохранилища: донные отложения, бентос и бентосоядные рыбы. – Казань: ФЭН, 2004. – 230 с.
11. *Латыпова В.З., Степанова Н.Ю., Минакова Е.А.* Экологическое нормирование антропогенных нагрузок на водные экосистемы // Экол. консалтинг. – 2004. – № 4(16). – С. 3–16.
12. *Cubbage J., Batts D., Briedenbach S.* Creation and analysis of freshwater sediment quality in Washington State. Environmental investigations and laboratory services program. – Washington Department of Ecology, Olympia, WA, 1997. – 14 p.
13. *Guchte C.* Ijckpunten voor watersysteemkwaliteit: milieu-effect indicatoren in de 4e Nota Waterhuishouding. RIZA werkdokument 98.132aX. – Lelystad, 1999. – 23 p.

14. *Deckere E., Cooman W., Florus M., Devroede-Vander Linder M.P.* Characterizing the sediments of flemish watercourses: a manual produced by TRIAD. – Brussel: AMINAL-Department Water, 2000. – 110 p.
15. *MacDonald D.D., Ingersoll C.G., Berger T.A.* Development and evaluation of consensus-based quality guidelines for freshwater ecosystem // *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* – 2000. – No 39. – P. 20–31.
16. *Минакова Е.А., Латыпова В.З., Переведенцев Ю.П.* Подходы к региональному нормированию нагрузки фосфор- и азотсодержащих минеральных удобрений на водосборную площадь реки // *Безопасность жизнедеятельности.* – 2003. – № 12. – С. 36–40.

Поступила в редакцию
16.05.05

Латыпова Венера Зиннатовна – доктор химических наук, профессор Казанского государственного университета.

Селивановская Светлана Юрьевна – доктор биологических наук, доцент, профессор Казанского государственного университета.

E-mail: Svetlana.Selivanovskaya@ksu.ru

Степанова Надежда Юльевна – кандидат биологических наук, доцент Казанского государственного университета.

E-mail: step@mi.ru

Минакова Елена Анатольевна – кандидат географических наук, ассистент Казанского государственного педагогического университета.