

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТОРФЯНЫХ БОЛОТ В КАЧЕСТВЕ ПРИЕМНИКОВ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ СТОКОВ

Н. П. Ахметьева, Е. Е Лапина

Институт водных проблем РАН, г. Москва, akhmeteva@gambler.ru

В статье дается описание и оценка опытов по определению сорбционной емкости низинного и верхового торфа по отношению к биогенным веществам (соединениям азота, калия и фосфора) Европейской Нечерноземной зоны России. На основании баланса биогенных веществ в низинном болоте Вешка делается вывод о возможности его использования в качестве приемника животноводческих стоков в течение 100–120 лет. При более длительном его использовании произойдет загрязнение водной среды близлежащих территорий.

В Нечерноземной зоне России торфяники распространены достаточно широко, составляя около 12 % территории. В последние годы их использование сводится к рекреационным целям – охоте, сбору ягод, лекарственных растений; в незначительной степени они используются как топливо для тепловых станций и отопления помещений, как сырье для строительных материалов, в качестве органических удобрений, начинают их использовать в медицине и косметике. В предлагаемой статье рассматривается вопрос об использовании торфяных болот в качестве приемников животноводческих стоков.

В центральных районах России торфяные болота издавна использовались для сброса в них сельскохозяйственных и промышленных отходов. Авторы статьи на протяжении последних десяти лет занимались изучением болот Тверской и Московской областей в различных аспектах, в том числе и утилизацией в них животноводческих и бытовых отходов. На примере небольших низинных и верховых болот в Конаковском районе Тверской области изучены процессы сорбции азотных соединений, калия, минерального фосфора, а также сульфатов и хлоридов; для низинного торфяного болота «Вешка» подсчитан баланс основных биогенных элементов, проведены круглогодичные наблюдения за изменением дебита и химического состава воды дрены, отводящей болотные воды в речку Крутец [1, 2].

Опыты проводились на монолитах торфа, отобранных вручную из шурфов посредством металлических цилиндров высотой 10 см и диаметром 8 см. Через образцы, отобранные с одной и той же глубины, проливались растворы $N-NO_3$, K и P различной концентрации. Фильтрат из образца поступал в сосуд, откуда с интервалом 10–15 минут отбирались пробы воды (для определения концентрации исследуемых веществ). Когда концентрация исходного и профильтрованного растворов становились одинаковыми, опыт заканчивался. В высушенных образцах торфа определяли количество сорбированного вещества (в пересчете на 100 г сухой породы) и строили графики зависимости сорбированного вещества от его концентрации в исходном растворе. Полученные кривые – изотермы Ленгмюра – характеризуют полную, максимально возможную величину сорбции при заданной концентрации вещества в растворе [3]. Всего было выполнено около 200 опытов. Время проведения одного опыта в среднем – около суток.

Низинный торф для исследований отбирали с глубины 0,3–0,4 м из болота Вешка. Его ботанический состав представлен древесными остатками (45 %), осоками (25 %), гипновыми мхами (15 %), травами (10 %), сфагновыми мхами (5 %). Торф отличался высокой зольностью (40 %) и степенью разложения органического вещества (около 50 %). Согласно построенной изотерме Ленгмюра (рис. 1а), максимальная сорбция $N-NO_3$ составляет 30 мг на 100 г сухого торфа (или 2,14 мг-экв/100г), которая достигается при исходной концентрации в 360 мг/л $N-NO_3$. Такие высокие концентрации нитратов в природных водах почти не встречаются, следовательно, и величина сорбции нитратов обычно

не достигает 30 мг/100г. При концентрации $N-NO_3$ в 100 мг/л возможная сорбция равна 8–10 мг $N-NO_3$ на 100 г породы.

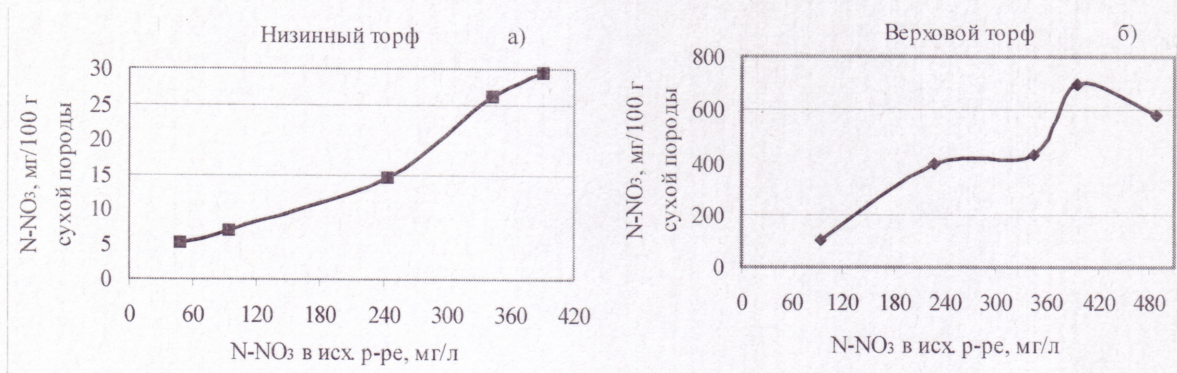


Рис. 1. Изотермы Ленгмюра для низинного (а) и верхового торфа (б) (нитратный азот)

Верховой торф из Шумновского болота отбирали с глубины 0,1–0,2 м. Его ботанический состав – пушицево-сфагновый с редкими древесными остатками, зольность торфа 3–4 %. Степень разложения органического вещества – около 20 %. Верховой торф обладает наиболее высокими сорбционными свойствами. Максимальная величина составляет 700 мг $N-NO_3$ на 100 г торфа (или 50 мг-экв/100 г) при концентрации исходного раствора в 400 мг/л $N-NO_3$. При концентрации $N-NO_3$ в стоке 100 мг/л возможная сорбция составляет около 200 мг/100 г породы (рис. 1 б).

Аналогичные опыты были проведены для калия (К). Максимальное поглощение К верховым торфом со степенью разложения около 20 % происходит при концентрации раствора в 3500 мг/л К и составляет 3200–3300 мг/100 г торфа (или 80–85 мг-экв/100 г). Проведенные опыты с низинным торфом болота Вешка не дали столь четкой характеристики сорбционных свойств. При одной и той же концентрации раствора К в 430 мг/л были получены значения сорбции, различающиеся в 1,5–3 раза (от 99 до 377 мг/100 г). По этим данным можно сказать лишь ориентировочно, что емкость сорбции К низинным торфом со степенью разложения 50 % составляет около 280 мг/100 г торфа (или 7,2 мг-экв/100 г). Полученные характеристики сорбции можно объяснить либо тем, что испытуемые образцы торфа отбирались на различной глубине, на неоднородных участках болота, либо ошибками потенциометрического метода определения К в лаборатории.

Проведены опыты и по определению сорбционных способностей фосфора (Р). Трудность изучения Р заключается в том, что различные его формы находятся в непрерывном взаимодействии [4]. Мы изучали сорбцию минерального Р, количество которого в торфе составляет 15–25 % от валового содержания. Исследованы сорбционные свойства подвижного минерального Р, экстрагированного по методу Кирсанова (т.е. солянокислого фосфора $P_{кирс}$), и водорастворимого минерального Р. Через образцы торфа ненарушенной структуры с естественной влажностью пропускались растворы гранулированного суперфосфата заданной концентрации. Исходный раствор получен путем растворения 20 г суперфосфата в литре дистиллированной воды, где содержание минерального Р составило 2150 мгР/л. Другие концентрации получены путем разведения исходного раствора в 2, 4, 8, 16 и 32 раза. Опыты проводились в 4-х кратной повторности, результаты представлены на рис. 2–3. Анализируя полученные данные, можно сказать, что наиболее высокими сорбционными свойствами по отношению к $P_{кирс}$ обладает верховой торф. Максимальная величина сорбции составляет 350 мгР/100 г торфа (или 12 мг-экв/100 г) при концентрации исходного раствора в 2150 мгР/л. Низинный торф обладает менее выраженными сорбционными свойствами – максимальная величина сорбции составила 50–81 мгР/100 г (или 0,5–0,9 мг-экв/100 г).

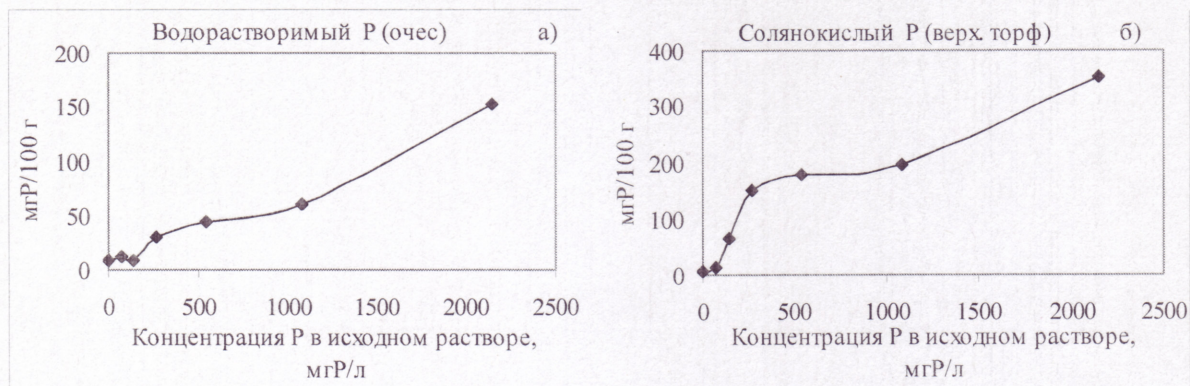


Рис. 2. Изотермы Ленгмюра для верхового торфа (болото Шумновское)

Сорбция водорастворимого Р имеет следующие закономерности: наибольшей сорбцией обладает верховой торф, вплоть до 320 мгР/100 г торфа (или 11 мг-экв/100 г) при концентрации раствора 2150 мгР/л. Низинный торф обладает низкой сорбционной емкостью. Она почти не зависит от концентрации исходного раствора и составляет 4–7 мгР/100 г торфа.



Рис. 3. Изотермы Ленгмюра для низинного торфа (болото Вешка)

Таким образом, наши опыты показали, что верховой торф по сравнению с низинным обладает большей максимальной сорбционной емкостью по отношению к соединениям азота, фосфора и калия, что не противоречит данным других исследователей [5, 6]. Аналогичные опыты проводились для изучения сорбционных свойств сульфатов и хлоридов. Установлено, что эти вещества обладают низкой сорбционной способностью. Они весьма мобильны и вследствие этого могут служить маркерами для определения ареалов распространения в болотных или грунтовых водах таких загрязнителей среды, как городские свалки или склады минеральных удобрений.

В низинное болото Вешка сбрасывают животноводческие стоки от фермы крупного рогатого скота (около 300 голов), свинофермы (около 380 свиней) и силосной ямы. Наиболее загрязнены стоки из силосной ямы. Здесь концентрации К достигают 3500 мг/л, Р-Р_{О₄} – 167 мг/л, N-NH₄ – 960 мг/л. В отстойниках около животноводческих ферм, куда сливаются отходы, наблюдаются значительно меньшие концентрации биогенных веществ благодаря их разбавлению пресной водой из артезианской скважины. Ниже приводится таблица с гидрохимической характеристикой поступающих в болото сточных вод, составом болотных вод (с глубины 0,7 м) и воды в пруду, расположенном в центре болота.

Анализы воды из пруда показывают, что вода здесь наиболее чистая. Временами содержание К здесь более 12 мг/л (ПДК по нормам ЕС для калия), однако содержание

$N-NO_3$ не превышает 1,0 мгN/л, а $P-PO_4$ – 0,3 мг/л. Анализ воды на масс-спектрометре с индуктивно связанной плазмой показал, что она содержит повышенное количество Sr, что свидетельствует о подтоке напорных вод известняков верхнего карбона в торфяную залежь. Подток пресных чистых вод карбона следует рассматривать как положительное явление, так как эти воды разбавляют повышенные концентрации загрязняющих веществ, поступающих с окрестных животноводческих ферм.

Таблица 1

Гидрохимическая характеристика сточных, болотных и поверхностных вод

Параметр	Отстойник	Пруд	Болотные воды	Силосная яма	Среднее содержание в стоках*
pH	7,55	7,2	6,95	4,75	7,7/7,6
HCO_3 , г/л	2,7	0,37	0,35	10,4	3,8/4,9
NH_4 , мгN/л	46	2,2	0,33	960	430/380
Cl, мг/л	135	24	39	273	390/720
SO_4 , мг/л	9	40	20	187	290/420
PO_4 , мгP/л	5,4	0,3	0,1	167	53/200
Ca, мг/л	60	92	100	1200	160/330
Mg, мг/л	64	38	17	540	560/260
Na, мг/л	226	4	23	150	430/500
K, мг/л	64	0,2	22	3500	340/650

Примечание: * приводится по [5]. В знаменателе – средний состав жидкой фракции свиного навоза, в числителе – навоза КРС.

Много внимания уделено изучению химического состава и дебиту ручья-дрены, вытекающей из болота. Нами проводились режимные наблюдения, позволившие определить вынос биогенных веществ из болота, и с другой стороны – рассмотреть вопрос о возможном загрязнении реки Крутец. Пробы воды отбирали из истоков ручья, в 0,1; 0,3 и 0,6 км ниже по течению, а также в р. Крутец в течение трех лет (2005–2007). Анализ данных говорит о том, что вниз по течению ручья происходит сокращение содержания некоторых показателей: уменьшается цветность воды, содержание Cl^- , SO_4^{2-} , $N-NO_3^-$ и $N-NH_4^+$, а также K^+ . На рис. 4 представлена межгодовая и сезонная изменчивость цветности и калия в дрене (точка отбора на расстоянии 0,3 км от истока).

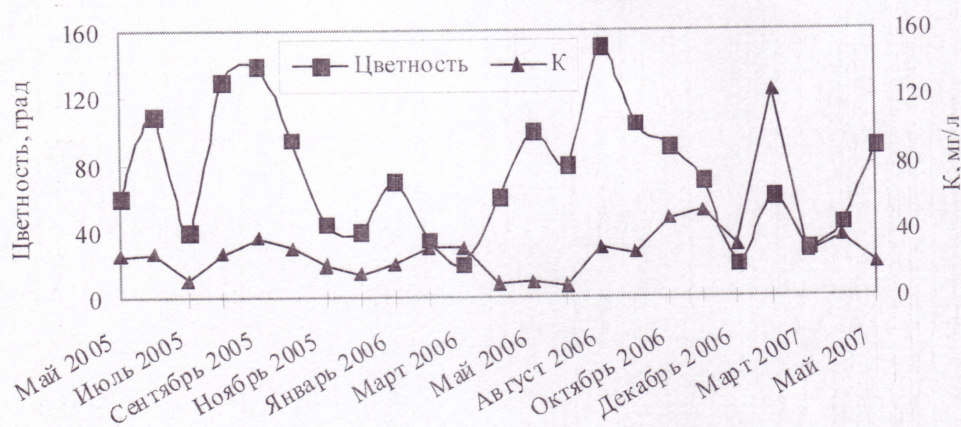


Рис. 4. Межгодовая и сезонная динамика цветности (градусы по Pt-Co шкале) и калия (мг/л) в дрене (болото Вешка) в период 2005–2007 годы

Из рисунка видно, что за указанное время концентрации выносимого из болота калия колебались в пределах 7–124 мг/л, величины цветности – 17–150 градусов.

Данные режимных наблюдений легли в основу расчета баланса по N, K и P для болота Вешка. Учитывались процессы, происходящие в болоте – привнос загрязнений

за счет животноводческих стоков, силосной ямы, за счет разгрузки загрязненных грунтовых вод и поверхностного стока. Вынос загрязнения из болота подсчитывался за счет денитрификации, поглощения биогенных веществ растительностью, выноса веществ дренажной ручьем [2]. По нашим расчетам, использование болота Вешка в качестве приемника животноводческих стоков может длиться в течение 100–120 лет (т.е. еще 30–40 лет). Определение времени сохранности болота при имеющемся уровне антропогенной нагрузки по В. И. Косову и В. В. Панову (только по азоту) дает еще меньшую цифру [8]. В дальнейшем болото может стать источником загрязнения водной среды окружающей территории.

Литература

1. Ахметьева Н. П., Лапина Е. Е., Кудряшова В. В. Сорбционные свойства пород зоны аэрации и их роль в защите грунтовых вод от загрязнения // Геоэкология. – 2006. – №4. – С. 337–341.
2. Ахметьева Н. П., Лапина Е. Е., Лола М. В. Экологическое состояние природных вод водосбора Ивановского водохранилища и пути по сокращению их загрязнения. – М.: УРСС, 2008. – 230 с.
3. Пинский Д. Л. Ионообменные процессы в почвах. – Пущино, 1997. – 166 с.
4. Блэк К. А. Растения и почва (перевод с английского). – М.: Колос, 1973. – 503 с.
5. Беляев А. Ю., Джамалов Р. Г., Кричевец Г. Н., Полякова В. Л., Юшманов И. О. Эффект гистерезиса сорбции биогенов болотными отложениями // Водные ресурсы. – 2005. – Т. 32. – № 2. – С. 205–213.
6. Зозуля В. Л. Поглощительная способность торфяников Верхневолжского района // Водные ресурсы. – 2006. – Т. 33. – № 3. – С. 357–362.
7. Овцов Л. П. Экологическая оценка осадков сточных вод и навозных стоков в агроценозе. – М.: МГУ, 2000. – 318 с.
8. Косов В. И., Панов В. В. Торфяно-болотные системы в экосфере. – Тверь: ТГТУ, 2001. – 186 с.

THE USING OF PEAT-BOGS AS CATCHERS FOR MANURE

N. P. Akhmetieva, E. E. Lapina

The description and estimate of experiments on the definition of the sorption capacity of the high-moor turf and low-moor turf with respect to biogenic matter (compounds of N, P, K) is produced in this paper.

Calculation of the biogenic matter balance for the eutrophic marsh Veshka showed, that the using of this peat-bog as catcher for manure may be possible during 100-200 years. The pollution of environment will happen if using will be continued.