

ВЫНОС МАКРОЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ПОЧВОГРУНТОВ В ДОЛИНАХ ГОРНЫХ РЕК КПМРЛИТОЗОНЫ (НА ПРИМЕРЕ АГРОЛАНДШАФТОВ СЕВЕРНОГО ПРИОХОТЬЯ)

Н.В. Ухов¹, Ю.А. Мажайский²

¹*Институт биологических проблем Севера ДВО РАН, Магадан, Россия*

²*Мещерский филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ» им. А.Н. Костякова», Рязань, Россия*

Аннотация. Работа посвящена изучению особенностей передвижения растворимых веществ в почвогрунтах ландшафтов криолитозоны. Исследования проведены на двух участках агроландшафтов с различными геокриологическими условиями и уровнем дренажа в долине р. Ола. На агроландшафтах с болотными мерзлотными почвами миграция макроэлементов изучалась на основе анализа результатов опробования воды осушительных каналов. На участках сезонно-мерзлыми аллювиальными дерновыми почвами концентрации растворимых веществ оценивались в лизиметрических водах. Установлено сравнительно невысокие концентрации растворимых веществ в каналах, причем потери каждого из пяти макроэлементов не превышали 5,1 кг/га. Прослежены более высокие (в 2-6 раз) потери элементов питания растений из аллювиальных сезонно-мерзлых дерновых почв, по сравнению с таковыми из болотных мерзлотных почв. Содержание удобрений в дренажных и лизиметрических водах в целом не превышает предельно допустимых концентраций для водоемов рыбохозяйственного назначения. Установлено положительное влияние местных мелиорантов на снижение концентрации макроэлементов в лизиметрических водах

Ключевые слова: криолитозона, мерзлотные, сезонно-мерзлые почвы, агроландшафты, вынос макроэлементов, дренажные воды, лизиметрические воды, мелиоранты

REMOVAL OF MACRONUTRIENTS FROM SOILS IN THE VALLEYS OF MOUNTAIN RIVERS OF THE KPMRLITHOZONE (USING THE EXAMPLE OF AGRICULTURAL LANDSCAPES OF THE NORTHERN PRIOKHOTYE)

¹Ukhov N.V., Mazhaisky Yu.A.

¹*Institute of Biological Problems of the North of the Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences, Magadan, Russia*

²*Meshchersky branch of the Federal State Budgetary Institution "FNTs VNIIGiM" named after. A.N. Kostyakov", Ryazan, Russia*

Annotation. The work is devoted to the study of the peculiarities of soluble substances movement in soil-soils of cryolithozone landscapes. The studies were conducted on two sites of agrolandscapes with different geocryological conditions and drainage level in the Ola River valley. In agrolandscapes with frozen bog soils, macronutrient migration was studied on the basis of analyzing the results of water sampling of drainage canals. In areas with seasonally frozen alluvial sod soils, concentrations of soluble substances were assessed in lysimetric waters. Relatively low concentrations of soluble substances in the canals were found, with losses of each of the five macronutrients not exceeding 5.1 kg/ha. Higher (2-6 times) losses of plant nutrition elements from alluvial seasonally frozen seasonally frozen sod soils compared to those from bog permafrost soils were traced. The content of fertilizers in drainage and lysimetric waters generally does not exceed the maximum permissible concentrations for fishery water bodies. The positive influence of local ameliorants on reduction of macroelements concentration in lysimetric waters is established

Key words: cryolithozone, permafrost and seasonally frozen soils, agricultural landscapes, macronutrients removal, drainage waters, lysimetric waters, ameliorants

Введение. Реки северного Приохотья служат нерестилищем различных видов лосося. На них построено несколько рыбопроизводных заводов. В тоже время, в долинах рек значительные площади занимают агроландшафты, которые в той или иной мере оказывают загрязняющее действие на водотоки. Данная проблема весьма актуальна из-за ограниченности данных натурных исследований по выносу удобрений из почв в водные системы. В представленной работе изучены величина и особенности выноса макроэлементов из деятельного слоя почвогрунтов в долинах рек Приохотья.

Рассматриваемая территория расположена на Севере Дальнего Востока. Она занимает полосу шириной 100-150км вдоль берега в северо-западной части Охотского моря. Основным геоструктурным элементом ее является Охотско-Чукотский вулканогенный пояс. В связи с преобладанием среднегорного и горного рельефа равнинные территории располагаются, преимущественно, в долинах крупных рек, межгорных впадинах и приморских низменностях, Коренные породы здесь, как правило, покрыты рыхлыми отложениями склонового ряда. Делювиальные шлейфы супесчано-суглинистого состава, часто с примесью крупнообломочных фракций коренных пород, перекрывают аллювиальные отложения в долинах рек. Такие участки часто заболочены и покрыты мохово-торфяным покровом. Территория характеризуется длительным умеренно холодным зимним периодом и непродолжительным прохладным летом. Среднегодовая температура января - минус 118 – 21°С, июля - 11 – 13°С. Среднегодовое количество атмосферных осадков изменяется от 350мм (п. Ола) до 700мм (с. Талон), причем в теплый период (май - сентябрь) выпадает более половины [4].

По мерзлотно-климатическому районированию Приохотье характеризуется избыточным климатическим увлажнением и островным распространением многолетнемерзлых пород [9]. Суровые климатические условия (среднегодовая температура воздуха ниже минус 3,5°С) обуславливают развитие многолетней мерзлоты мощностью до 50-70м [1, 9]. Многолетняя мерзлота здесь приурочена к заболоченным местам и болотам. Многолетнемерзлые породы, как правило, прерываются в поймах рек с формированием таликов. На них распространены преимущественно аллювиальные сезонно-мерзлые почвы, оттаивающие к началу летнего периода.

В работе рассмотрены две крайние разновидности дренажа, затрудненного и промывного типа [8, 9]. К первому типу относятся участки, расположенные на надпойменных террасах и пологих склонах долин рек. Здесь, как правило, преобладают болотные мерзлотные почвы, а также и криозёмы. Дренаж естественных ландшафтов затруднен из-за сложной поверхности ландшафтов и контрастности неглубоко залегающего мерзлого водоупора. В результате сельскохозяйственного освоения мерзлотных ландшафтов, мощность деятельного слоя увеличивается в 1,5-3 раза, что улучшает условия дренажа, следовательно, и выноса макроэлементов с агроландшафтов [9].

Второй тип дренажа имеет место на таликах с аллювиальными, часто, дерновыми почвами песчано-гравийно-галечникового состава. Они отличаются, преимущественно, промывным водным режимом с субвертикальным инфильтрационным движением грунтовых вод, а также сравнительно благоприятным тепловым режимом.

Для повышения плодородия низко продуктивных почв агроландшафтов применяют повышенные дозы минеральных удобрений, что не может ни отразиться на выносе макроэлементов из болотных мерзлотных и, особенно, из хорошо проницаемых аллювиальных сезонно-мерзлых почв.

Цель работы – изучение влияния геоэкологических условий на вынос макроэлементов из почв агроландшафтов и опробование методов снижения негативного влияния химического загрязнения агроландшафтов на водные системы. Для этого проведено

химическое опробование вод в дренажных каналах и лизиметрах, а также анализ результатов с различным уровнем дренажа и вариантами лизиметрических опытов.

Материалы и методы. Статья базируется на результатах химического мониторинга состава вод агроландшафтах. На участках с мерзлотными почвами определялся химический состав вод в дренажных каналах. Вынос макроэлементов их аллювиальных дерновых почв оценивался по содержанию удобрений в водах лизиметров и их объему.

Химический мониторинг вод осуществлялся на пашне с посевами однолетних кормовых трав (овес). Агрохимический анализ вод проводился по стандартной методике [2].

Агроландшафты с торфяными мерзлотными почвами располагаются на надпойменной террасе р. Ола. Здесь осуществлялось химическое опробование вод, в трех дренажных каналах. В течение сезона пробы отбирались 3 раза (23 мая, 22 июля, 2 августа), повторность четырехкратная (табл. 1).

Таблица 1

Результаты химического опробования вод в осушительных каналах за летний период

Номер канала / дата	Физико-химические показатели					
	рН	Содержание макрокомпонентов, мг/дм ³				
		NO ³	P ₂ O ₅	Ca	Mg	K ₂ O
1 / 23.05	8,0	3,4	15	20	6	18
2 / 23.05	7,6	4,8	15	20	16,8	28
3 / 23.05	7,9	4	15	6	4,8	8
1 / 22.07	7,8	2,8	10	30	9,6	20
2 / 22.07	7,7	4,8	15	24	27,6	23
3 / 22.07	7,3	4	10	14	10,8	14
1 / 02.08	8,2	3,4	10	58	14,4	34
2 / 02.08	7,8	6	15	30	10,8	30
3 / 02.08	8,0	6,8	10	30	21,6	14

Исходя из практики осушения сельхозугодий в Приохотье, за величину стока в дренажных каналах принимается половина количества выпавших атмосферных осадков. Расчет выноса подвижных форм макроэлементов проводился с учетом количества осадков за наблюдаемый период: в мае – 26мм, июне – 11мм, июле – 93мм, августе – 36мм.

Для повышения продуктивности аллювиальных почв агроландшафтов вносились повышенные дозы минеральных удобрений, а также местные мелиоранты (цеолиты и диатомиты) [7]. Вынос макроэлементов из аллювиальных дерновых почв оценивалось на основании лизиметрических опытов. Они включали моделирование потерь макроэлементов из почв: 1) контроль, без растений и удобрений, 2) фон, с минеральными удобрениями из расчета N60 P120 K60, 3) фон + цеолит (ломонтит месторождения «Флора» из расчета 100т/га), 4) фон + диатомит (карьер в пригороде г. Магадана из расчета 100т/га).

Почвенный субстрат для набивки сосудов просеивали через грохот, для удаления крупной гальки. Лизиметрические опыты проводились по стандартной методике, вегетационные сосуды, соединенные трубками с лизиметрами [3, 6]. Предыдущие исследования были проведены с почвенным субстратом, обладающими высокими капиллярными свойствами, что усложняет проведение лизиметрических опытов [3, 6]. В связи с легким механическим составом аллювиальных почвогрунтов, капиллярное поднятие в них незначительное.

В вегетационных сосудах высаживались семена овса. Опробование лизиметрических вод производилось весной до посева (23 мая) и в конце теплого периода, после уборки урожая (22 августа). До посева вегетационные сосуды промывали дистиллированной водой в количестве, близком по объему, атмосферным осадкам, за май (20 мм).

Данные химического опробования лизиметрических вод приведены в табл. 2.

Таблица 2

Физико-химические параметры лизиметрических вод в вариантах лизиметрического опыта в течение летнего периода

Вариант опыта	Физико-химические показатели					
	рН	Содержание макрокомпонентов, мг/дм ³				
		NO ₃	P ₂ O ₅	Ca	Mg	K ₂ O
пар (без растений и удобрений)	5,4	24,8	85,0	8,0	3,6	30,0
	7,2	18,0	90,0	-	-	60,0
фон (N ₆₀ P ₁₂₀ K ₆₀)	4,5	22,0	330	4,0	4,8	60,0
	7,2	28,8	160,0	-	-	64
фон + цеолит	5,5	38,0	120	16,0	33,6	40,0
	7,0	10,0	30,0	-	-	20,0
Фон + диатомит	5,6	16,0	200,0	8,0	4,8	35,0
	7,4	10,8	60,0	30,0	4,8	40,0

Примечание: показатели химического состава на дату опробования вод: числитель – 23.05, знаменатель – 22.08.

Основным водотоком рассматриваемой территории является р. Ола, в ней нерестится различные виды лососей. В связи с чем, содержание растворимых веществ в водах каналов и лизиметров сравнивалось с предельно-допустимыми концентрациями водоемов первой категории [5].

Результаты и их обсуждение. В разделе в табличной форме последовательно приведены результаты химического анализа дренажных водах мерзлотного агроландшафта, лизиметрах на сезонно-мерзлых аллювиальных почвах и осуществлен расчет выноса макроэлементов.

С учетом с близкого расположения подвижного мерзлого водоупора на мерзлотных ландшафтах дренаж избыточных вод и растворимых в ней веществ осуществляется надмерзлотным и поверхностным стоком. В воде дренажных каналов отмечается возрастающее со временем содержание кальция и калия. Это, очевидно, связано, с увеличением мощности деятельного слоя (см. табл. 1).

В результате промывания дистиллированной водой вегетационных сосудов с аллювиальными почвами наблюдается очень высокое содержание макроэлементов в лизиметрических водах, которое превышает предельно допустимые концентрации для водоемов рыбохозяйственного назначения [5]. Однако, это кратковременное химическое загрязнение, наступило сразу после набивки вегетационных сосудов аллювиальной почвой с удобрениями и мелиорантами, причем в период пика половодья. Очевидно, высокая концентрация макроэлементов связана кратковременность взаимодействия удобрений с почвенным поглощающим комплексом [10]. Применение мелиорантов (цеолитов, диатомитов) снижает содержание удобрений в лизиметрах. Так, концентрация калия уменьшается в 1,5 раза, нитратов – в 2-3 раза, фосфора - в 3-5 раз.

На основании химического опробования вод в дренажных каналах, с учетом количества выпавших за этот период атмосферных осадков, рассчитан вынос макроэлементов (табл. 3).

Таблица 3

Вынос растворимых элементов с дренажным стоком, кг/га

Даты	Средние значения				
	NO ₃	P ₂ O ₅	Ca	Mg	K ₂ O
25.05	0,04	0,15	2,08	0,09	0,18
20.07	0,39	0,744	1,26	1,26	1,15

02.08	0,243	0,51	1,77	0,70	0,87
За май-август	0,67	1,40	5,11	2,06	2,20

Следует отметить, потери растворимых элементов сравнительно невелики. Наиболее значителен вынос из агроландшафтов кальция, калия магния, однако, и он не превышает 5,1кг/га. Вынос щелочных и щелочноземельных металлов связан с внесением в почву больших, так называемых, северных доз, удобрений и извести [7].

На втором участке, опытные проводились лизиметрические исследования на аллювиальных сезонно-мерзлых дерновых почвах. Для них характерен крупнозернистый, песчано-гравийно-галечникового состав и промывной водный режим. Это предопределяет субвертикальное движение почвенной влаги. Для повышения плодородия и уменьшения выноса элементов питания растений были использованы местные мелиоранты (цеолиты и диатомиты). Результаты моделирования выноса макроэлементов с использованием лизиметров на весенний период (23 мая), до начала вегетации растений, и в конце лета (22 августа), после уборки урожая приведены в табл. 4.

Таблица 4

Вынос макроэлементов из сезонно-мерзлой почвы по результатам лизиметрических опытов

Варианты опыта	Показатели выноса, кг/га				
	NO ₃	P ₂ O ₅	Ca	Mg	K ₂ O
контроль, без растений и удобрений	1,24	4,25	0,40	0,18	1,50
	1,80	9,0	-	-	5,0
фон (N60 P120K60)	1,10	16,5	0,2	0,24	3,0
	1,8	10,0	-	-	4,0
Фон + цеолит	2,8	12,0	1,6	3,3	4,0
	2,6	7,7	-	-	5,2
Фон + диатомит	1,6	20,0	0,8	0,48	3,5
	1,6	9,0	4,5	0,72	6,0

Примечание: показатели выноса макроэлементов на дату опробования вод: числитель – 23.05, знаменатель – 22.08.

Сравнительный анализ выноса макроэлементов из мерзлотных болотных и аллювиальных сезонно-мерзлых почв показывает на более высокие потери (в 2-6 раз) элементов питания растений на таликах. Мелиоранты не оказывают существенного влияния на вынос элементов питания растений.

Содержание макроэлементов в водах дренажных каналов и лизиметров не превышает ПДК для водоемов рыбохозяйственного назначения.

Выводы. Содержание растворимых веществ в осушительных каналах, дренирующих агроландшафты с болотными мерзлотными почвами, в течение периода наблюдений не превышает ПДК для рыбохозяйственных водоемов. Вынос растворимых удобрений дренажными каналами невелик: NO₃ – 0,7кг/га, P₂O₅ – 1.4 кг/га, Ca – 5,1 кг/га, Mg – 2,1, кг/га. K₂O – 8.00 кг/га.

Концентрация лизиметрических вод на участке с аллювиальными почвами превышает ПДК водоемов рыбохозяйственного назначения только в весенний период, при промывке вегетационных сосудов дистиллированной водой. Вынос макроэлементов из сезонно-мерзлых почв в 2—6 раз превышает потери удобрений в ландшафтах с болотными мерзлотными почвами.

Местные мелиоранты (цеолит, диатомит) снижают концентрацию удобрений в лизиметрических водах, но не оказывают незначительное разнонаправленное влияние на величину выноса макроэлементов из аллювиальных сезонно-мерзлых почв.

Литература

1. Геокриология СССР. Восточная Сибирь и Дальний Восток. / Под ред. Э.Д. Ершова. 1989. М., Недра, 515 с.
2. ГОСТ Р56572014. Методики (методы) анализа состава и свойств почв. М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2019.
3. Муромцев Н.А., Сухарев Ю.И., Пивень Е.А., Анисимов К.Б., Семёнов Н.А. Потери и возврат влаги и химических веществ в аллювиальной почве // Плодородие. № 2. 2019. С. 25-27.
4. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Ч. 1-6. Вып. 33. Л.: Гидрометеоздат, 1990. 566 с.
5. Приказ Минсельхоза России № 118 от 10 марта 2020 г. (с изменениями на 22 августа 2023 года) Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения.
6. Семенов Н.А., Муромцев Н.А., Сабитов Г.А., Коротков Б.И. Лизиметрические исследования в луговодстве. М.: Изд-во АверсПресс, 2005. 584 с.
7. Система ведения сельского хозяйства Магаданской области. Новосибирск: МЗНИИСХ СВ. 1986. – 237с.
8. Ухов Н.В. Особенности формирования дренажа агроландшафтов Северо-Востока и агромелиоративные приемы его оптимизации // Экологическое состояние природной среды и практические аспекты современных мелиоративных технологий: Сб. научн. тр. Вып. 5 / под общ. ред. Ю.А. Мажайского. Рязань: ФГБОУ ВПО РГАТУ, 2012. С. 348-353.
9. Ухов Н. В. Самохвалов В. Л Мелиорации земель Магаданской области: основные этапы развития и научного обеспечения // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2018. № 1. С. 170-187.
10. Ухов Н.В., Вахрамеева Т.Ю., Глазырина Е.Н. Почвы Магаданской области: криогенные особенности, пути повышения плодородия // Агрехимический вестник. 2022. №1. С. 9-13. DOI: 10.24412/1029-2551-2022-1-002.