

# 1. ПОЧВЕННЫЕ РЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

УДК 631.421.3

## КАТИОННО-АНИОННЫЙ СОСТАВ ЛИЗИМЕТРИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ ИЗ ПАХОТНЫХ ПОЧВ БЕЛАРУСИ (по данным 1981–2012 гг.)

**Г.В. Пироговская**

*Институт почвоведения и агрохимии,  
г. Минск, Беларусь*

### ВВЕДЕНИЕ

Изучение состава почвенных растворов и изменяемость их во времени имеет большое значение для почвоведения и агрохимии. Процессы накопления, передвижения влаги и химических элементов в почве привлекали внимание многих исследователей. Так, К.К. Гедройц [1] в избранных сочинениях указывал, что в конце IX и начале XX столетия для получения почвенных растворов предлагались различные методы: получение почвенного раствора посредством вытеснения его из почвы водой (Schloesing Th., 1866); метод выделения почвенного раствора, основанной на действии центробежной силы (Briggs L., 1897); электрический метод (Whitney M., Means T.H., 1987) и др. Однако они не нашли широкого применения в практике. Ими установлено, что количественный состав почвенных растворов зависит не только от химического состава почвы, но и в значительной степени от физических свойств ее и климатических условий, может постоянно изменяться в зависимости от внешних факторов, влияющих на растворимость почвенных соединений.

Одним из приборов (сооружений), с помощью которого изучали вопросы водного и пищевого режимов почв, был лизиметр. Термин «лизиметр» происходит от греческого слова «lysis» – растворение, разложение и «metreo» – измерение. Лизиметры используются для изучения процессов, связанных с инфильтрационными водами, в условиях близких к естественным. Первый опыт с лизиметром был заложен во Франции Де ля Гиром в 1688 г., а в 1795 г. – в Англии Д. Дальтоном. Но популярным в агрохимии этот метод стал только в двадцатые годы XX века. В России один из первых почвенных лизиметров был создан П.А. Костычевым в 1893 г. на Шатиловской опытной станции [2].

Основоположник советской научной школы в агрономической химии Д.Н. Прянишников [3] считал, что главной задачей этой науки является изучение круговорота веществ в земледелии. Изучение круговорота и баланса питательных веществ, требует наличия в каждом научном институте, занятом проблемами агрохимии,

лизиметров в такой же мере, как стационарных полевых опытов и хорошо оборудованных лабораторий.

И.С. Кауричев [4] отмечал, что почвенный раствор имеет огромное значение в генезисе почв и их плодородии, а также в питании растений. Он участвует в процессах преобразования (разрушение и синтез) минеральных и органических соединений, в составе его по профилю почв перемещаются разнообразные продукты почвообразования, поэтому важно знать его состав, свойства и динамику. Почвенный раствор находится в постоянном и тесном взаимодействии с твердой и газовой фазами почвы и корнями растений, и поэтому концентрация и состав его являются результатом биологических, физико-химических и физических процессов, лежащих в основе этого взаимодействия. Состав жидкой фазы почвы в почвоведении изучают лизиметрическим методом, который основан на исследовании просачивающихся через определенную толщину почвы дождевых или талых вод, которые собирают в специальный приемник.

Лизиметрический метод позволяет исследовать почвенные растворы и размеры их миграции, вводить в эксперимент такие контролируемые параметры, которые в полевых условиях просто недоступны. При этом методе можно вести всесторонний количественный учет изменений, проходящих в процессе эксперимента. Данные о миграции элементов питания, полученные в лизиметрических условиях, не полностью отражают протекающие в почве процессы в естественных условиях, так как лизиметрический метод связан с нарушением сложения и структуры почвенного профиля (за исключением монолитных лизиметров), нарушением технологии обработки почвы, исключением движения капиллярной влаги из более глубоких в верхние слои почвы, негативным влиянием «пристеночного эффекта» [5, 6]. Несмотря на это, по мнению многих авторов лизиметрический метод – это эффективный метод почвенных, агрохимических, экологических и мониторинговых исследований, который дает возможность получать новые экспериментальные данные в реальной почвенно-геохимической обстановке ландшафта, в конкретном почвенном пространстве–времени, моделировать условия обеспеченности растений водой и питательными элементами в течение всего периода вегетации и надежно оценивать процессы, происходящие в различных почвах при возделывании сельскохозяйственных культур. Именно лизиметрические данные в реальных экосистемах позволяют получать наиболее объективные сведения по основным направлениям современной трансформации и миграции веществ в системе «атмосферные осадки–почва–гравитационная влага–удобрения–растения», и имеют большой теоретический и практический интерес [5–9].

Лизиметрические растворы представляют собой фильтрующиеся через почву атмосферные осадки, обогащенные легкорастворимыми веществами – продуктами физико-химических, химических, микробиологических и других процессов, протекающих в почвах, а также соединениями, поступающими с органическими и минеральными удобрениями и вступающими во взаимодействие с жидкой и твердыми фазами в почве. Минеральная часть лизиметрических растворов представлена катионами:  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{NH}_4^+$  и анионами:  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$  [10, 11, 12].

Анализ отечественных и зарубежных источников свидетельствует о том, что к лизиметрическим исследованиям в системе «атмосферные осадки–почва–удобрение–растение» уделяется большое внимание.

В данной статье обобщены результаты многолетних лизиметрических исследований (1981–2012 гг.) по качественному и количественному составу катионов и анионов в лизиметрических растворах из пахотных дерново-подзолистых почв разного гранулометрического состава Республики Беларусь (слой 1,0 и 1,5 м), которыми заполнены лизиметры (1980 г.).

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводились на лизиметрической станции РУП «Институт почвоведения и агрохимии», расположенной в южной части г. Минска (53°51'03" N, 27°30'26" E) Республики Беларусь. Станция введена в эксплуатацию в 1980 году, включает 48 насыпных лизиметра, цилиндрической формы из сборных железобетонных колец с глубиной 1,0 м (24 лизиметра) и 1,5 м (24 лизиметра). Колодцы лизиметров имеют внутренний диаметр 2,0 м, площадь – 3,14 м<sup>2</sup>. Повторность в лизиметрических опытах двух и четырехкратная (для песчаных почв).

Объекты исследований – содержание катионов и анионов в лизиметрических растворах из пахотных дерново-подзолистых почв разного гранулометрического состава.

Методы исследований – лизиметрический, химический и аналитический. Закладка лизиметрических опытов, уход за растениями, учет атмосферных осадков, их инфильтрация, учет лизиметрических растворов из слоя почв (1,0 и 1,5 м) и их анализ проводили в соответствии с общепринятыми методиками по проведению лизиметрических исследований (Е.В. Аринушкиной, Ю.В. Новикова, О.А. Алекина) [13, 14, 15].

Катионно-анионный состав лизиметрических растворов определялся за длительный период (1981–2012 гг.) в каждом лизиметре. В статье приведены средние данные по слоям 1,0 и 1,5 м, т.е. по двум лизиметрам. В период исследований в лизиметрах возделывались зерновые, пропашные, крупяные, промежуточные культуры и др. в различных типах севооборотов.

В лизиметрическом опыте № 1 уровень применения минеральных удобрений под культуры севооборотов на всех дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава был одинаковым. Среднегодовая доза (1981–2012 гг.) применения удобрений составила 12 т/га органических удобрений и минеральных – N<sub>72</sub>P<sub>61</sub>K<sub>103</sub>.

В лизиметрическом опыте № 2 в исследованиях 1981–1986 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почвах в первом севообороте – картофель (1981 г.), ячмень (1982 г.), однолетние травы (клевер + люпин) (1983 г.), ячмень (1984 г.), озимая рожь на зеленую массу (1985 г.) изучалось влияние известковых мелиорантов и органических удобрений на фоне NPK на катионно-анионный состав лизиметрических растворов. В период 1991–2000 гг. исследования по изучению катионно-анионного состава лизиметрических растворов продолжены при возделывании сельскохозяйственных культур в севооборотах: 3-й севооборот – ячмень (1991 г., пелюшко-овсяная смесь

на з/м (1992 г.), сахарная свекла (1993 г.), ячмень (1994 г.), овес (1995 г.); 4-й севооборот – кукуруза (1996 г.), ячмень (1997 г.), пелюшко-овсяная смесь (1998 г.), озимая рожь (1999 г.), овес (2000 г.).

Результаты исследований обрабатывались статистически по Б.А. Доспехову с использованием соответствующих программ дисперсионного анализа на ПЭВМ [16].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что инфильтрация атмосферных осадков через определенный слой почв, состав почвенных растворов, изменяются в зависимости от количества выпадающих осадков, степени увлажнения и сезонности года, типа и гранулометрического состава почв [12, 17].

Экспериментальные данные, полученные на лизиметрической станции за период 1981–2012 гг. свидетельствуют, что инфильтрация атмосферных осадков через слой 1,0–1,5 м пахотных дерново-подзолистых почв Республики Беларусь, состав катионов и анионов в почвенных лизиметрических растворах в большей степени изменялись в зависимости от гранулометрического состава почв. Установлено, что при одном и том же количестве выпадающих атмосферных осадков, температурном режиме, одинаковом уровне применения минеральных удобрений под культуры севооборотов, общий объем инфильтрации атмосферных осадков в среднем за год (1981–2012 гг.) составил: на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве (лиз. 1, 2) – 90,9 л/м<sup>2</sup>; на той же легкосуглинистой, хорошо окультуренной почве (агрозем, лиз. 33, 34) – 83,7 л/м<sup>2</sup>; почвообразующей породе – лессовидный суглинок, взятый из глубины 1,5–3,0 м (лиз. 11, 12) – 115,2 л/м<sup>2</sup>; легкосуглинистой, подстилаемой с глубины 0,75 м моренным суглинком (лиз. 3, 4) – 143,4 л/м<sup>2</sup>; легкосуглинистой, подстилаемой с 0,50 м рыхлым песком (лиз. 5, 6) – 126,6 л/м<sup>2</sup>; связносупесчаной, подстилаемой с глубины 0,7 м моренным суглинком с прослойкой песка на контакте (лиз. 7, 8) и рыхлосупесчаной, подстилаемой с глубины 0,3 м рыхлыми песками (лиз. 9, 10) – 146,3 л/м<sup>2</sup>; песчаной (лиз. 13, 14, 15, 16) – 212,1 л/м<sup>2</sup> [17].

Состав катионов и анионов, водородный показатель в лизиметрических почвенных растворах в период исследований (1981–2012 гг.) также изменялись на дерново-подзолистых почвах разного гранулометрического состава при использовании различных агротехнических приемов (известковых мелиорантов, органических удобрений, доз и форм минеральных удобрений) (табл. 1–4). Величина рН (водородный показатель, представляющий собой отрицательный логарифм активности Н<sup>+</sup> – ионов) лизиметрических растворов из дерново-подзолистых пахотных почв в среднем за 1981–2012 гг. находилась в пределах от 7,3 до 7,9. Все почвы имели щелочную реакцию (рН больше 7,0), при этом наиболее щелочная реакция почвенного раствора наблюдалась на почвообразующей породе (лиз. 11 и 12) – 7,9, а также на высокоокультуренных дерново-подзолистой легкосуглинистой (лиз. 33, 34) и связносупесчаной, подстилаемой с глубины 0,45 м прослойкой песка на контакте, а с глубины 0,70 м моренным суглинком (лиз. 7, 8) – 7,5 и 7,8 (табл. 1).

Таблица 1

**Количественный и качественный состав лизиметрических растворов из пахотных дерново-подзолистых почв Республики Беларусь (среднее из лизиметров 1,0–1,5 м, за 1981–2012 гг.)**

Название почвы	рН р-ра	Сумма катионов и анионов, мг-экв./л											сум- ма ионов	
		КАТИОНЫ					АНИОНЫ					сум- ма		
		K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	сум- ма	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>
1. Дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на мощном лесовидном суглинке, лиз. 1, 2	7,3	0,22	1,00	2,31	0,78	0,03	4,34	1,35	0,21	0,59	0,79	0,004	2,94	7,28
2. Дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на мощном лесовидном суглинке (высокоокультуренная), лиз. 33, 34	7,5	0,42	1,05	2,79	1,12	0,02	5,40	1,27	0,32	0,66	1,36	0,031	3,64	9,04
3. Почвообразующая порода (лессовидный суглинок с глубины 1,5–3,0 м), лиз. 11, 12	7,9	0,27	0,98	2,50	1,13	0,03	4,91	1,24	0,16	0,45	2,28	0,004	4,13	9,04
4. Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легком лесовидном суглинке, подстилаемом с глубины 0,75 м моренным суглинком, лиз. 3, 4	7,4	0,21	0,94	2,34	0,81	0,02	4,32	1,14	0,35	0,47	0,97	0,003	2,93	7,25
5. Дерново-подзолистая суглинистая, развивающаяся на легком лесовидном суглинке, подстилаемом с 0,5 м рыхлым песком, лиз. 5, 6	7,3	0,17	0,84	2,09	0,71	0,03	3,84	1,03	0,33	0,46	0,63	0,002	2,45	6,29
6. Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на супеси связной, подстилаемой с глубины 0,45 м прослойкой песка на контакте, а с глубины 0,70 м моренным суглинком (высокоокультуренная), лиз. 7, 8	7,8	0,21	0,76	3,66	0,96	0,02	5,61	1,04	0,43	0,51	2,26	0,004	4,24	9,85
7. Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на супеси рыхлой, сменяемой с глубины 0,3 м связным песком, а с глубины 0,5 м рыхлым песком, лиз. 9, 10	7,4	0,45	0,89	1,74	0,99	0,02	4,09	1,09	0,33	0,47	0,89	0,001	2,78	6,87
8. Дерново-подзолистая песчаная, развивающаяся на связном песке, сменяемом с глубины 0,25 м рыхлым песком, лиз. 13–16	7,4	0,41	0,47	1,79	0,82	0,02	3,51	0,77	0,41	0,49	0,66	0,002	2,33	5,84
НСР <sub>05</sub>	0,48	0,01	0,05	0,18	0,06	0,002	–	0,07	0,02	0,03	0,08	0,0003	–	–

Примечание. Среднегодовая (за 1981–2012 гг.) доза органических удобрений составила 12 т/га, минеральных – N<sub>72</sub>P<sub>61</sub>K<sub>103</sub> (лиз. 1–16, 33–34).

Количество ионов (мг-экв./л) в инфильтрационных лизиметрических растворах (в среднем за 32 года) составило: в дерново-подзолистой легкосуглинистой, развивающейся на мощных лессовидных суглинках почве (лиз. 1, 2) – 4,34 (катионы) и 2,94 (анионы), в сумме – 7,28 мг-экв./л. Соответственно, в аналогичной почве, но высококультуренной (лиз. 33, 34) – 5,40 и 3,64 и в сумме – 9,04 мг-экв./л, в почвообразующей породе – 4,91 и 4,13, в сумме – 9,04 мг-экв./л. В дерново-подзолистых легкосуглинистых, подстилаемых с глубины 0,75 м моренными суглинками (лиз. 3, 4), или с глубины 0,5 м песком (лиз. 5, 6) – 4,33 и 3,84 (катионы) и 2,93 и 2,45 (анионы) и в сумме 7,25 и 6,29 мг-экв./л, в дерново-подзолистых связносупесчаных, подстилаемых моренными суглинками (лиз. 7, 8) – 5,61 (катионы) и 4,24 (анионы), в сумме 9,85 мг-экв./л, рыхлосупесчаной, подстилаемой рыхлыми песками (лиз. 9, 10) – 4,09 (катионы) и 2,78 (анионы), в сумме 6,87 мг-экв./л, в дерново-подзолистой песчаной (лиз. 13–16) – 3,51 (катионы) и 2,33 (анионы), в сумме 5,84 мг-экв./л. Во всех лизиметрических растворах, отобранных из дерново-подзолистых почв, наблюдалось преобладание количества катионов (в 1,2–1,67 раза) по сравнению с анионами (табл. 1).

Концентрации элементов в почвенных растворах из дерново-подзолистых почв разного гранулометрического состава изменялись в пределах: азот нитратный – от 9,8 (почвообразующая порода) до 25,3 (песчаная) мг/л; азот аммонийный – 0,27 (связносупесчаная) – 0,61 (легкосуглинистая) мг/л. Содержание калия в лизиметрических растворах из дерново-подзолистых почв находилось на уровне от 8,5 до 22,6 мг/л, кальция – 34,8–73,1 мг/л, магния 8,6–13,8 мг/л, натрия – 11,0–24,3 мг/л, хлоридов – 27,5–48,2 мг/л, сульфатов – 21,5–31,6 мг/л, гидрокарбонатов – 39,3–142,4 мг/л, фосфатов – 0,065–1,473 мг/л, водорастворимого органического вещества – 14,6–19,4 мг/л. Данные по инфильтрациям атмосферных осадков через слой (1,0–1,5 м) почв, а также по составу и концентрациям химических элементов в лизиметрических растворах свидетельствуют о том, что эти показатели существенно изменялись в зависимости от гранулометрического состава дерново-подзолистых почв.

Установлено, что с увеличением степени окультуренности и содержания органического вещества в почвах, отмечается более высокая насыщенность основаниями. Так, сумма  $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$  в дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах (лиз. 33 и 34) составила 3,91 мг-экв./л и связносупесчаных (лиз. 7 и 8) – 4,62 мг-экв./л, при значениях этого показателя в пахотной легкосуглинистой почве (лиз. 1 и 2) – 3,09 мг-экв./л и почвообразующей породе – 3,63 мг-экв./л. В лизиметрических растворах высококультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы (лиз. 33–34), увеличилось отношение  $\text{HCO}_3^-/\text{Ca}^{2+}$  (0,49) и снизилось  $\text{SO}_4^{2-}/\text{Ca}^{2+}$  (0,24) и  $\text{Cl}^-/\text{Ca}^{2+}$  (0,46) по сравнению с аналогичной легкосуглинистой почвой (лиз. 1–2) –  $\text{HCO}_3^-/\text{Ca}^{2+}$  – 0,34,  $\text{SO}_4^{2-}/\text{Ca}^{2+}$  – 0,26 и  $\text{HCO}_3^-/\text{Ca}^{2+}$  – 0,58). Для сравнения в почвообразующей породе эти показатели следующие:  $\text{HCO}_3^-/\text{Ca}^{2+}$  – 0,91,  $\text{SO}_4^{2-}/\text{Ca}^{2+}$  – 0,18 и  $\text{HCO}_3^-/\text{Ca}^{2+}$  – 0,50 (табл. 2).

Полученные данные о влиянии на катионно-ионный состав почвенных растворов, в зависимости от степени окультуренности почв и содержания органического вещества подтверждаются и другими исследователями, в частности В.Н. Ефимовым, А.И. Осиповым и Е.Ф. Чесноковой [18].

Таблица 2

**Ионный состав и соотношение катионов и анионов в почвенном растворе в зависимости от содержания органического вещества в дерново-подзолистых легкосуглинистых и связносупесчаных почвах (1981–2012 гг.)**

Название почв	Содержание гумуса, %	Соотношение катионов к анионам	Сумма, мг-экв./л				HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /Ca <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /Ca <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup> /Ca <sup>2+</sup>
			Ca <sup>2+</sup> + Mg <sup>2+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>			
			по средним данным за 1981–2012 гг.						
1. Дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на мощном лессовидном суглинке, лиз. 1, 2	1,50* 2,18**	1,47	3,09	0,79	0,59	1,35	0,34	0,26	0,58
2. Дерново-подзолистая легкосуглинистая, развивающаяся на мощном лессовидном суглинке (высококультуренная), лиз. 33, 34	2,83* 3,19**	1,48	3,91	1,36	0,66	1,27	0,49	0,24	0,46
3. Дерново-подзолистая супесчаная, развивающаяся на супеси связной, подстилаемой с глубины 0,45 м прослойкой песка на контакте, а с глубины 0,70 м моренным суглинком (высококультуренная), лиз. 7, 8	3,78* 4,01**	1,32	4,62	2,26	0,51	1,04	0,62	0,14	0,28
Для сравнения:									
Почвообразующая порода (лессовидный суглинок с глубины 1,5–3,0 м), лиз. 11, 12 (на 2010 г.)	0,36* 1,44**	1,19	3,63	2,28	0,45	1,24	0,91	0,18	0,50

Примечание. \* – содержание гумуса в 1980 г.; \*\* – в 2010 г.

Известно, что наиболее сильное влияние на состав ионов в лизиметрических растворах оказывает внесение известковых, органических и минеральных удобрений [12, 19].

В лизиметрических растворах в блоке с внесением известкового мелиоранта (доломитовой муки) на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве увеличилось содержание Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, уменьшилось, преимущественно, количество катионов K<sup>+</sup>, при содержании Na<sup>+</sup> на уровне варианта без внесения извести. Среди анионов уменьшилось в основном HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>. На этой почве отношения HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>/Ca<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/Ca<sup>2+</sup> и HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>/Ca<sup>2+</sup> в варианте с внесением извести

уменьшились до 0,34, 0,69 и 0,77 по сравнению с вариантом без ее внесения (0,43, 0,71 и 0,83), что указывает на уменьшение ионов в почвенном растворе и свидетельствует об уменьшении загрязнения грунтовых и поверхностных вод биогенными элементами (табл. 3).

На дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве в составе катионов увеличилось только содержание  $\text{Ca}^{2+}$  (в 1,3 раза), уменьшилось содержание  $\text{Mg}^{2+}$  без изменения катионов  $\text{NH}_4^+$ . В группе анионов увеличилось (1,1–1,3 раза) количество почти всех анионов ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{HCO}_3^-$ ) без изменения  $\text{H}_2\text{PO}_4^{-2}$ . Отношения  $\text{HCO}_3^-/\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}/\text{Ca}^{2+}$  остались на одном уровне, уменьшилось только отношение  $\text{Cl}^-/\text{Ca}^{2+}$  до 0,72, при значениях данного показателя в варианте без извести – 0,84. На этой почве сумма ионов, наоборот, увеличилась при внесении известковых мелиорантов на фоне высокой дозы органических удобрений (16 т/га) при  $\text{N}_{68}\text{P}_{64}\text{K}_{108}$  (табл. 3).

Таблица 3

**Влияние известковых мелиорантов на содержание катионов и анионов в лизиметрических растворах из дерново-подзолистой легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почв, (среднее за 1981–1985 гг.)**

Катионы и анионы	Без извести	С известью	Без извести	С известью
	фон – 16 т/га ОУ* $\text{N}_{68}\text{P}_{64}\text{K}_{108}$			
	легкосуглинистая		рыхлосупесчаная	
	мг-экв./л			
$\text{K}^+$	0,66	0,52	0,87	0,82
$\text{Na}^+$	1,20	1,19	1,68	1,67
$\text{Ca}^{2+}$	2,54	2,68	2,32	2,93
$\text{Mg}^{2+}$	0,90	1,12	1,07	0,97
$\text{NH}_4^+$	0,01	0,02	0,02	0,02
Сумма катионов	5,31	5,53	5,96	6,41
$\text{Cl}^-$	2,10	2,07	1,95	2,11
$\text{NO}_3^-$	0,17	0,18	0,37	0,45
$\text{SO}_4^{2-}$	1,80	1,85	1,46	1,83
$\text{HCO}_3^-$	1,08	0,92	1,11	1,40
$\text{H}_2\text{PO}_4^{-2}$	0,002	0,003	0,001	0,001
Сумма анионов	5,15	5,02	4,89	5,79
Сумма ионов	10,45	10,55	10,85	12,19
$\text{HCO}_3^-/\text{Ca}^{2+}$	0,43	0,34	0,48	0,48
$\text{SO}_4^{2-}/\text{Ca}^{2+}$	0,71	0,69	0,63	0,63
$\text{Cl}^-/\text{Ca}^{2+}$	0,83	0,77	0,84	0,72
pH раствора	7,6	7,8	7,7	7,7

В этом же севообороте (1981–1985 гг.) изучалось влияние органических удобрений (16 т/га на фоне  $\text{N}_{160}\text{P}_{120}\text{K}_{240} + \text{CaCO}_3$  и 24 т/га ОУ на фоне  $\text{N}_{80}\text{P}_{60}\text{K}_{120} + \text{CaCO}_3$ ) на изменение катионно-анионного состава лизиметрических растворов из дерново-подзолистых легкосуглинистых и рыхлосупесчаных почв (табл. 4). Выявлено, что применение органических удобрений на фоне внесения минеральных и известкования влияет на изменение ионного состава почвенных растворов из дерново-подзолистых как легкосуглинистых, так и рыхлосупесчаных почв.

В лизиметрических растворах из дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при внесении разных доз органических удобрений количество ионов в почвенном растворе изменялось незначительно, соотношение катионов к анионам увеличилось в 1,1–1,2 раза. Отношения  $\text{HCO}_3^-/\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}/\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Cl}^-/\text{Ca}^{2+}$  уменьшались соответственно при внесении 16 т/га органических удобрений до 0,43, 0,61 и 0,72 при 24 т/га ОУ – 0,34, 0,69 и 0,77, по сравнению с вариантом без их внесения – от 0,48, 0,85 и 1,11 и до 0,43, 0,71 и 0,83, что свидетельствует об уменьшении анионов в почвенном растворе.

На дерново-подзолистой рыхлосупесчаной почве при органо-минеральной системе удобрения в катионно-анионном составе увеличилась сумма катионов и анионов, уменьшилось соотношение катионов к анионам. Что касается отношений  $\text{HCO}_3^-/\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{SO}_4^{2-}/\text{Ca}^{2+}$  остались примерно на одном уровне, отмечалось только изменение отношения  $\text{Cl}^-/\text{Ca}^{2+}$  (табл. 4).

Таблица 4

**Сумма ионов и соотношение катионов и анионов в лизиметрических растворах из дерново-подзолистых легкосуглинистых и рыхлосупесчаных почв в зависимости от известковых мелиорантов и органических удобрений, 1981–1985 гг.**

Вариант	Сумма ионов, мг-экв/л			$\text{HCO}_3^-/\text{Ca}^{2+}$	$\text{SO}_4^{2-}/\text{Ca}^{2+}$	$\text{Cl}^-/\text{Ca}^{2+}$
	катионов + анионов	Соотношение				
		катионов к анионам	анионов к катионам			
<i>Дерново-подзолистая легкосуглинистая</i>						
$\text{N}_{160}\text{P}_{120}\text{K}_{240} + \text{CaCO}_3$ (фон 1) (лиз. 27, 28)	11,57	0,93	1,08	0,48	0,85	1,11
Фон 1 + 16 т/га ОУ (лиз. 25, 26)	10,97	1,11	0,90	0,43	0,61	0,72
$\text{N}_{80}\text{P}_{60}\text{K}_{120} + \text{CaCO}_3$ (фон 2) (лиз. 31, 32)	10,45	1,03	0,97	0,43	0,71	0,83
Фон 2 + 24 т/га ОУ (лиз. 29, 30)	10,53	1,10	0,91	0,34	0,69	0,77
<i>Дерново-подзолистая рыхлосупесчаная</i>						
$\text{N}_{160}\text{P}_{120}\text{K}_{240} + \text{CaCO}_3$ (фон 1) (лиз. 47, 48)	11,41	1,30	0,77	0,46	0,61	0,61
Фон 1 + 16 т/га ОУ (лиз. 45, 46)	12,51	1,18	0,84	0,47	0,62	0,69
$\text{N}_{80}\text{P}_{60}\text{K}_{120} + \text{CaCO}_3$ (фон 2) (лиз. 43, 44)	10,83	1,22	0,82	0,48	0,63	0,84
Фон 2 + 24 т/га ОУ (лиз. 41, 42)	12,19	1,10	0,91	0,48	0,63	0,72

\*ОУ – органические удобрения вносились под первую культуру севооборота картофель в дозах 60 и 90 т/га и под третью культуру – озимые зерновые культуры (20 и 30 т/га), среднегодовые дозы органических удобрений в севообороте по вариантам составили 16 и 24 т/га.

Известно, что несбалансированное применение удобрений и повышенные дозы их внесения увеличивают потери элементов питания при вымывании. Установлено, что при  $\text{N}_{124}$  на фоне 12 т/га ОУ +  $\text{P}_{66}\text{K}_{102}$ , по сравнению  $\text{N}_{80}$  увеличивается содержание ионов в почвенных растворах (табл. 5).

**Влияние разных уровней минеральных удобрений на содержание катионов и анионов в лизиметрических растворах из дерново-подзолистой легкосуглинистой и рыхлосупесчаной почв, (среднее за 1991–2000 гг.)**

Катионы и анионы	12 т/га ОУ + P <sub>66</sub> K <sub>102</sub> (фон)		12 т/га ОУ + P <sub>66</sub> K <sub>102</sub> (фон)	
	N <sub>80</sub>	N <sub>124</sub>	N <sub>80</sub>	N <sub>124</sub>
	легкосуглинистая		рыхлосупесчаная	
	мг-экв./л			
K <sup>+</sup>	0,26	0,31	0,45	0,45
Na <sup>+</sup>	1,26	1,27	0,80	0,96
Ca <sup>2+</sup>	3,65	3,71	1,91	2,55
Mg <sup>2+</sup>	1,35	1,27	1,21	1,43
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0,026	0,025	0,032	0,031
Сумма катионов	6,55	6,59	4,40	5,42
Cl <sup>-</sup>	1,52	1,43	1,11	1,45
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,17	0,362	0,42	0,57
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0,760	0,531	0,382	0,302
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,70	0,97	0,75	0,67
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	0,003	0,004	0,003	0,007
Сумма анионов	3,15	3,30	2,67	3,00
Сумма ионов	9,70	9,88	7,07	8,42
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> /Ca <sup>2+</sup>	0,191	0,263	0,395	0,263
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> /Ca <sup>2+</sup>	0,208	0,143	0,201	0,119
Cl <sup>-</sup> /Ca <sup>2+</sup>	0,416	0,385	0,585	0,568

На обеих почвах отмечается при повышенных дозах внесения азотных удобрений, на фоне 12 т/га ОУ + P<sub>66</sub>K<sub>102</sub>, увеличение количества катионов и анионов, так и в сумме ионов в почвенных растворах.

## ВЫВОДЫ

На основании многолетних лизиметрических исследований (1981–2012 гг.) по изучению катионно-анионного состава почвенных растворов из пахотных почв Республики Беларусь можно сделать следующие выводы:

1. Сумма ионов (анионов и катионов) в лизиметрических растворах в период исследований изменялась в пределах от 5,84 (дерново-подзолистая песчаная) до 9,85 мг-экв./л (дерново-подзолистая высокоокультуренная связносупесчаная, подстилаемая с глубины 0,70 м моренным суглинком).

2. На изменение ионного состава и соотношение катионов и анионов в почвенном растворе влияет внесение известковых мелиорантов, органических и минеральных удобрений. При повышении доз внесения как минеральных, так и органических удобрений увеличивается содержание катионов и анионов в почвенном растворе.

3. При уменьшении отношений HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>/Ca<sup>2+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>/Ca<sup>2+</sup> и Cl<sup>-</sup>/Ca<sup>2+</sup> отмечается снижение в почвенном растворе гидрокарбонатов, сульфатов и хлоридов, что свидетельствует об уменьшении загрязнения грунтовых и поверхностных вод биогенными элементами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гедройц, К.К.* Почвенные коллоиды и поглощательная способность почв: в 3 т. / К.К. Гедройц. – М.: Сельхозгиз, 1955. – Т. 1. – 559 с.
2. *Петербургский, А.В.* О значении лизиметрического метода при изучении баланса питательных веществ в земледелии / А.В. Петербургский // Применение лизиметрического метода в почвоведении, агрохимии и ландшафтоведении. – Л., 1972. – С. 32–39.
3. *Прянишников, Д.Н.* Агрохимия / Д.Н. Прянишников. – М.: Сельхозиздат, 1952. – 469 с.
4. Почвоведение / И.С. Кауричев [и др.]; под ред. И.С. Кауричева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1975. – 495 с.
5. *Панников, В.Д.* Лизиметрия – эффективный метод агрохимических исследований / В.Д. Панников // Сельское хозяйство за рубежом. – 1980. – № 8. – С. 2–13.
6. Лизиметры в почвенных исследованиях / Л.Л. Шишов [и др.]; под ред. Л.Л. Шишова. – М., 1998. – 264 с.
7. *Majeed, A.* Computer model for managing saline water for irrigation and crop growth: Preliminary testing with lysimeter data / A. Majeed // *Agricul. Water Manag.* – 1994. – № 4. – P. 239–251.
8. *Wueta, L.* Numerical and field evaluation of soil water sampled by suction lysimeters / L. Wueta // *Journal of Envir. Qual.* – 1995. – № 1. – P. 147–152.
9. *Петербургский, А.В.* Круговорот и баланс питательных веществ в земледелии / А.В. Петербургский. – М.: Наука, 1979. – 168 с.
10. *Barraclough, D.* The use of single and double labelled <sup>15</sup>N ammonium nitrate to study nitrogen uptake by ryegrass / D. Barraclough [et. al] // *Journal Soil Sc.* – 1985. – Vol. 36, № 4. – P. 593–603.
11. *Филимонов, Д.А.* Влияние сельскохозяйственных культур на потери азота с лизиметрическими водами / Д. А. Филимонов [и др.] // Бюллетень ВИУА им. Д.Н. Прянишникова. – 1975. – № 25. – С. 66–69.
12. *Шильников, И.А.* Потери элементов питания растений в агробиологическом круговороте веществ и способы их минимизации / И.А. Шильников [и др.]. – М.: ВНИИА, 2012. – 351 с.
13. *Аринушкина, Е.В.* Руководство по химическому анализу почв / Е.В. Аринушкина. – 2-е изд., переработ. и доп. – М.: МГУ, 1970. – 487 с.
14. *Новиков Ю.В.* Методы исследования качества воды водоемов / Ю.В. Новиков, К.О. Ласточкина, З.Н. Болдина. – М.: Медицина, 1990. – 256 с.
15. *Алекин, О.И.* Руководство по химическому анализу вод суши / О.И. Алекин, А.Д. Семенов, Б.А. Скопинцев. – Л.: Гидрометеиздат, 1973. – 270 с.
16. *Доспехов, Б.А.* Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
17. *Пироговская, Г.В.* Инфильтрация атмосферных осадков в пахотных почвах Республики Беларусь при длительном сельскохозяйственном использовании (по данным лизиметрических исследований 1981–2012 гг.) / Г.В. Пироговская // Почвоведение и агрохимия. – 2015. – № (54). – С. 179–188.

18. Использование азота почвы и удобрений растениями ячменя на дерново-подзолистых супесчаных почвах разной степени окультуренности / В.Н. Ефимов [и др.] // Агрохимия. – 1985. – № 7. – С. 7.

19. Потери элементов питания растений / И.А. Шильников [и др.]. – М., 2015. – 502 с.

## **CATION-ANION STRUCTURE OF LYSIMETER SOLUTIONS FROM ARABLE SOILS OF BELARUS (ACCORDING TO 1981–2012)**

**H.V. Pirahouskaya**

### **Summary**

The data of long-term lysimeter researches on cation-anion structure of sod-podzolic soils different texture are cited. The sum of ions (anions and cations) in lysimeter solutions during researches (1981–2012) changed from 5,8 (sandy) up to 9,9 mg-equivalent/l (coherent sandy soil spread with moraine loams). Change of ionic structure and cation and anion correlation in a soil solution are influenced with entering lime means, organic and mineral fertilizers. At the raised dozes of entering both mineral, and organic fertilizers, the cation and anion content in a soil solution increases. At the moderate dozes of fertilizers attitudes ( $\text{HCO}_3^-/\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}/\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Cl}^-/\text{Ca}^{2+}$ ) decrease, that testifies to pollution decrease of ground and superficial waters by hydrocarbonates, sulfates and chlorides.

30.11.2015

УДК 528 + 631.4(476)

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДИСТАНЦИОННЫХ СЪЕМОК ПРИ ОБНОВЛЕНИИ ПОЧВЕННЫХ КАРТ**

**М.Ф. Курьянович<sup>1</sup>, А.Ф. Черныш<sup>2</sup>, Ф.Е. Шалькевич<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>НПЦ по геологии, г. Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

<sup>3</sup>Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

### **ВВЕДЕНИЕ**

Почвенные карты, содержащие информацию о почвах и почвенном покрове являются основой для ведения сельскохозяйственного производства и планирования мероприятий по рациональному использованию и охране земель. Однако почвенно-картографические материалы с течением времени информационно и физически стареют. На устаревших почвенных картах могут содержаться искаженные факты и сведения об отдельных элементах почвенного покрова. Следовательно, они периодически должны обновляться.