

НИКИТИНА Мария Викторовна

Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова
адрес: 163002, г. Архангельск, ул. Северодвинская, д. 13А; e-mail: m.nikitina@narfu.ru

СОДЕРЖАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ КАК ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ПРОЦЕССОВ, ПРОТЕКАЮЩИХ В ГОРОДСКИХ ПОЧВАХ г. АРХАНГЕЛЬСКА

Содержание таких элементов питания, как азот, фосфор и калий в почвенном покрове может быть показателем не только плодородия почвы, но и диагностической характеристикой изменений, протекающих под воздействием техногенных загрязнений в городской среде. Исследование общего содержания подвижных форм этих элементов, их миграционной способности в почвенном профиле, а также сезонной динамики содержания позволило выявить особенности почв промышленного, селитебного, лугового и лесного ландшафтов г. Архангельска в зависимости от уровня техногенного воздействия. В условиях максимальной техногенной нагрузки в промышленном ландшафте наблюдается изменение общего содержания элементов питания, особенно это касается подвижных форм калия: на 90 % пробных площадях наблюдается высокое содержание этого элемента, а на 10 % – очень высокое. Убывающий ряд накопления элементов питания в почве фоновой территории, в лесном и селитебном ландшафтах выглядит следующим образом: $P > K > N$. В почвах промышленного и лугового ландшафтов по объему накопления лидирует калий: $K > P > N$. В промышленном ландшафте это может быть обусловлено техногенным влиянием, в луговом – особенностями пойменных почв. Существенно изменяется характер миграции элементов в почвенном профиле: в почвах промышленного ландшафта увеличивается доля гумусо-иллювиальной аккумуляции, тогда как для фоновых и менее загрязненных ландшафтов характерно накопление в верхних гумусовых горизонтах. Изменяется сезонная динамика распределения элементов питания. В почвах промышленных районов к концу вегетационного периода отмечается накопление фосфора и калия, которые, по-видимому, имеют техногенное происхождение, тогда как на фоновых и природно-антропогенных территориях наблюдается устойчивое снижение концентрации этих элементов.

Ключевые слова: *элементы питания растений, промышленный ландшафт, селитебный ландшафт, луговой ландшафт, лесной ландшафт.*

Азот, фосфор и калий традиционно относят к основным элементам питания растений, которые они получают из почвы. Их содержание в почвенных горизонтах определяет не только плодородие, но и степень устойчивости и самовосстановления экосистем [1–4]. Содержание этих элементов, наряду с такими техногенными поллютантами, как

тяжелые металлы и пестициды, позволяет выявить уровень антропогенно-техногенного воздействия на ландшафты в городской среде [5].

Для г. Архангельска можно выделить несколько типов ландшафтов с различным уровнем техногенного воздействия [6]. Максимальный уровень техногенной нагрузки отмечается в про-

мышленном ландшафте. На этих территориях расположены заводы, котельные и автотранспортные предприятия. Почвы в основном представлены реплантоземами, встречаются урбаноземы и урбоестественные почвы. В селитебном ландшафте встречаются почвы старых огородов во дворах одноэтажных частных домов, а на пустырях – урбоестественные почвы. Наиболее распространены здесь неокультуренные газоны. В этих техногенно-антропогенных ландшафтах ежегодно при удалении опавшей листвы фитоценозы теряют большое количество элементов питания и восполнения потери, как правило, не происходит [7–9].

Меньший уровень антропогенного воздействия испытывают территории природно-антропогенных ландшафтов – лесного и лугового. Почвы лесного ландшафта представлены верховыми и низинными торфяными почвами и в них локальный круговорот поддерживает постоянный уровень элементов питания. Однако в луговом ландшафте, который представлен аллювиальными луговыми почвами, круговорот химических элементов нарушается, т. к. эти территории используются под пастбища и сенокосы. Целью проведенного исследования является изучение влияния техногенной нагрузки на уровень обеспеченности почв основных урболовандшафтов г. Архангельска азотом, фосфором и калием.

Материалы и методы. Выявление особенностей распределения элементов питания в почвах разной техногенной нагрузки проводили путем анализа содержания подвижных форм азота в пересчете на NO_3^- , калия в пересчете на K_2O и фосфора в пересчете на P_2O_5 . Содержание фосфора определяли фотометрически методом Кирсанова в модификации ЦИНАО согласно ГОСТ 26207–91, калия и нитрат-ионов – методом прямой потенциометрии по общепринятой методике и по ГОСТ 26951–86 соответственно. Отбор, хранение и транспортировка проб почв, отобранных для анализа, осуществлялись в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02–84. В качестве фоновых были выбраны условно чистые дерновые почвы пригорода Архангельска.

Результаты и обсуждение. Превышения ПДК нитрат-ионов (130 мг/кг) в исследованных почвах не выявлено. Обеспеченность почв техногенно-антропогенных ландшафтов этими ионами, согласно общепринятой градации уровня обеспеченности почв [8], низкая (<20 мг/кг). Это можно объяснить выносом азота растительностью, так как в городах не происходит возврата химических элементов в связи с удалением листового опада. В почвах природно-антропогенных ландшафтов содержание нитратов чуть ниже фона, однако обеспеченность их этим элементом достаточная (см. *таблицу*).

СРЕДНЕВЗВЕШЕННОЕ СОДЕРЖАНИЕ ПОДВИЖНЫХ ФОРМ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ В ПОЧВАХ ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТОВ г. АРХАНГЕЛЬСКА, мг/кг

Ландшафт	Элемент питания		
	NO_3^-	P_2O_5	K_2O
Промышленный ($n = 29$)	$6,9 - 77,7$ $17,9 \pm 1,5$	$34,5 - 330,7$ $183,9 \pm 12,9$	$116,3 - 929,4$ $272,6 \pm 27,2$
Селитебный ($n = 25$)	$2,6 - 23,7$ $12,8 \pm 1,3$	$25,0 - 308,5$ $221,6 \pm 21,9$	$15,6 - 308,2$ $84,3 \pm 7,4$
Луговой ($n = 24$)	$38,2 - 94,1$ $63,6 \pm 5,4$	$24,1 - 207,3$ $78,0 \pm 6,7$	$91,2 - 235,2$ $138,2 \pm 11,8$
Лесной ($n = 13$)	$2,1 - 225,1$ $42,5 \pm 3,8$	$90,1 - 431,0$ $279,8 \pm 26,1$	$6,5 - 120,8$ $37,8 \pm 2,8$
Фон ($n = 3$)	$76,7 \pm 5,1$	$195,0 \pm 10,2$	$99,3 \pm 4,6$

Примечание: в числителе представлены минимальные и максимальные значения, в знаменателе – средневзвешенное значение концентраций; n – число исследуемых пробных площадей.

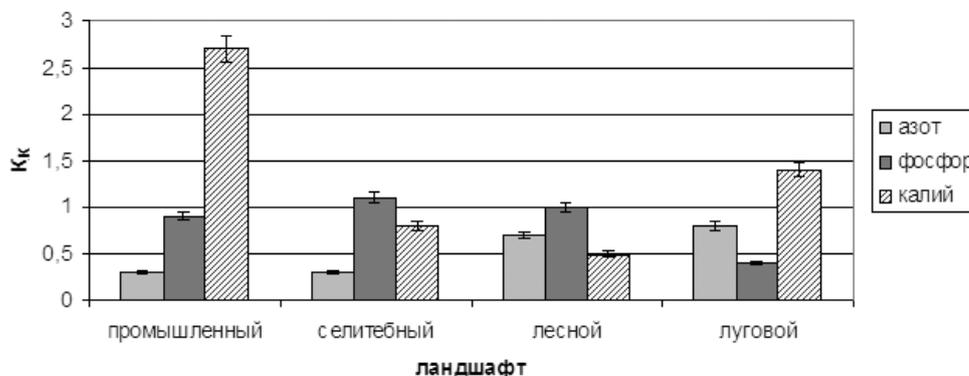


Рис. 1. Значение коэффициентов концентрации (K_k) элементов питания в почвах урбололандшафтов г. Архангельска

Содержание подвижного калия в городских почвах изменяется в широких пределах (от 10,0 до 435 мг/кг). Наиболее обеспеченными этим элементом являются промышленный и луговой ландшафты, что подтверждает значение коэффициента концентрации K_k (рис. 1), который рассчитывается как $K_k = C/C_0$, где C – фактическая концентрация определяемого элемента, C_0 – его фоновое содержание.

Согласно классификации почв по уровню обеспеченности подвижным калием [8], на 90 % пробных площадей промышленного ландшафта отмечается высокое (150–300 мг/кг) содержание этого иона, а на 10 % пробных площадей – очень высокое (>300 мг/кг). Его техногенным источником может служить строительный и бытовой мусор, а также продукты сгорания, выбрасываемые ТЭЦ и местными котельными. Избыточное содержание калия в луговом ландшафте, вероятнее всего, связано с подпиткой водами р. Северной Двины пойменных заливных почв лугов, содержащих до 3,1 мг/л калия [10].

Для городских почв характерна средняя и повышенная степень обеспеченности подвижными формами фосфат-ионов. Их содержание находится в пределах от 200 до 700 мг/кг. Однако на 40 % пробных площадей лугового ландшафта отмечается недостаток фосфора

(<200 мг/кг), что объясняется его выносом растительностью, убираемой в период сенокосов. В почвах лесного ландшафта отмечается избыточное содержание фосфат-ионов, т. к. этот элемент входит в состав растительных тканей, составляющих слаборазложившийся опад и торф.

Таким образом, в почвах лесного и селитебного ландшафтов, а также фоновой территории ряд накопления элементов питания представлен следующей последовательностью: $P > K > N$. В почвах промышленного и лугового ландшафтов лидером по накоплению элементов питания является калий, и ряд накопления выглядит: $K > P > N$. Избыточное содержание калия может быть обусловлено как техногенным влиянием в промышленном ландшафте, так и особенностями пойменных почв в луговом.

Распределение подвижных форм элементов питания по профилю разных типов почв Архангельска выявляет следующие особенности: для 89 % пробных площадей селитебного ландшафта, а также 80 % лугового и лесного максимум накопления отмечается в верхнем гумусовом горизонте, что объясняется высвобождением элементов из растительного опада в процессе разложения. Для 86 % пробных площадей промышленного ландшафта отмечено

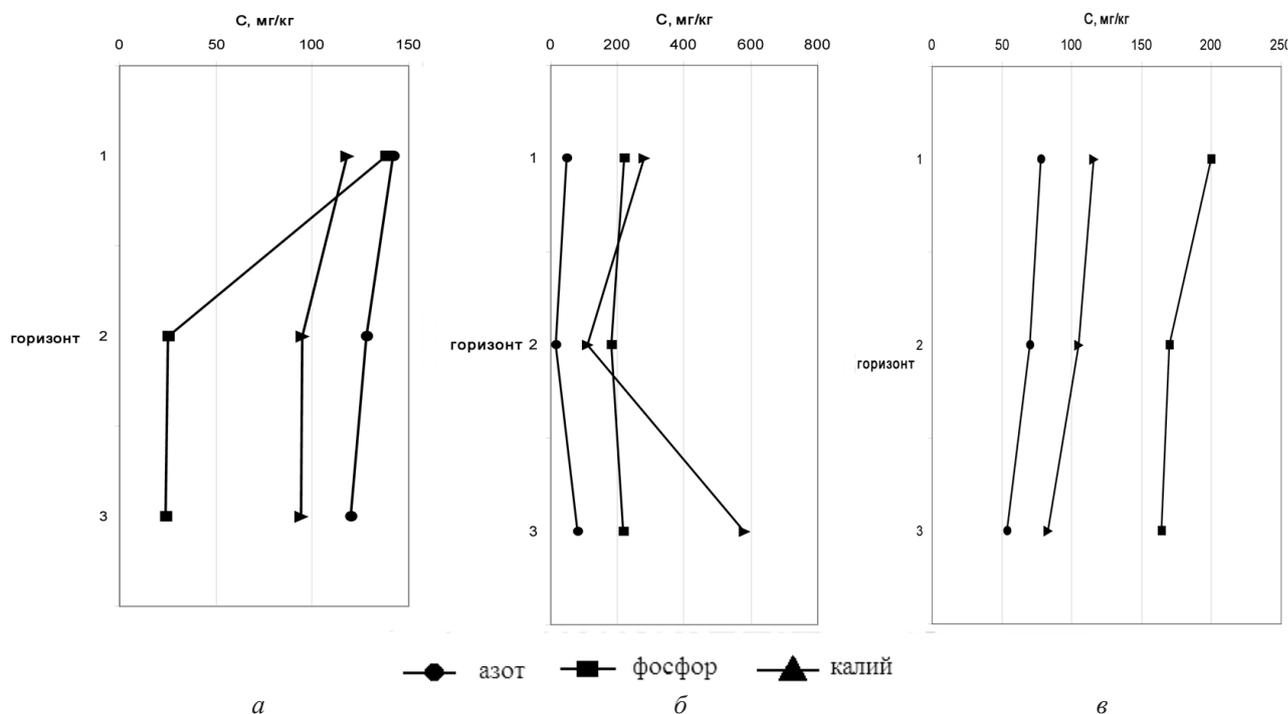


Рис. 2. Содержание элементов питания в почвенных горизонтах на примере лугового (а), промышленного (б) ландшафтов и фоновой территории (в)

2 максимума накопления: гумусовый и иллювиальный (рис. 2). Концентрирование элементов питания в нижних горизонтах почв промышленного ландшафта можно объяснить процессами адсорбции их на аморфных гидроксидов алюминия и железа, вынос которых обусловлен значительной опесчаненностью этих почв.

Изучение сезонной динамики изменения содержания элементов питания в почвах также показывает, что почвы промышленного ландшафта имеют свои особенности. В почвах фоновой территории селитебного (78 % пробных площадей), лугового (80 % пробных площадей) и лесного (80 % пробных площадей) ландшафтов содержание элементов питания устойчиво снижается к осени, что можно объяснить активным их потреблением растительностью (рис. 3). В почвах промышленного

ландшафта, наоборот, к концу вегетационного сезона содержание калия и фосфора увеличивается на 71 % пробных площадей, что, по-видимому, связано с их поступлением из техногенных источников с золой и промышленной пылью.

Закключение. Таким образом, содержание элементов питания в почвах городских территорий г. Архангельска зависит от уровня техногенной нагрузки и может быть использовано в качестве диагностирующего показателя изменений, протекающих под воздействием промышленных загрязнений. В почвах с максимальным уровнем техногенного воздействия наблюдается не только изменение общего содержания элементов питания и, как следствие, последовательности нахождения элементов в ряду накопления, но и характера миграции по почвенному профилю в сто-

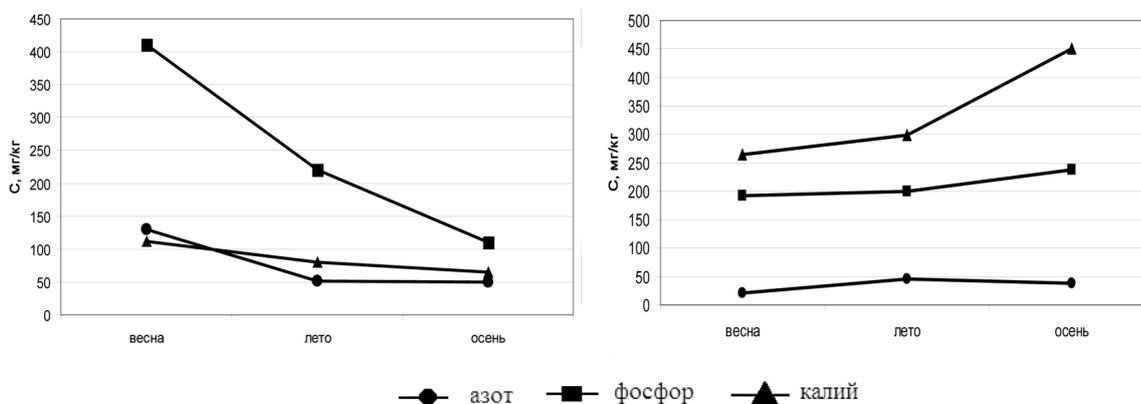


Рис. 3. Сезонная динамика содержания элементов питания в почвах промышленного ландшафта и фона

рону увеличения доли гумусо-иллювиальной аккумуляции, тогда как на остальных почвах проявляется только гумусовый характер аккумуляции. Наблюдается сезонная динамика распределения элементов питания. В почвах

промышленных районов в отличие от фоновых и природно-антропогенных почв к концу вегетационного периода отмечается накопление фосфора и калия, которые, по-видимому, имеют техногенное происхождение.

Список литературы

1. *Barber S.A.* Soil Nutrient Bioavailability: a mechanistic approach. N.Y., 1995. 414 p.
2. *Бабошкина С.В., Пузанов А.В.* Химический состав почв и растений различных по антропогенной нагрузке территорий Барнаула // Мир науки, культуры, образования. 2008. № 3(10). С. 14–18.
3. *Ефремов А.А., Шаталина Н.В., Стрижева Е.Н., Первышина Г.Г.* Влияние экологических факторов на химический состав некоторых дикорастущих растений Красноярского края // Химия растительного сырья. 2002. № 3. С. 53–56.
4. *Наквасина Е.Н., Попова Л.Ф., Корельская Т.А., Никонова Ю.М.* Биогеохимическая индикация экологического состояния почвенно-растительного покрова центральной части Архангельска. Архангельск, 2009. 243 с.
5. *Bullock P., Gregory P.* Soils in the Urban Environments // Blackwell Scientific publications. Oxford, 1991. P. 174.
6. *Наквасина Е.Н., Думанская Т.И.* Ландшафтная организация территории Архангельска (на примере Кузнецовского промузла) // Экологические проблемы Севера: межвуз. сб. науч. тр. / отв. ред. П.А. Феклистов. Архангельск, 2007. Вып. 10. С. 152–155.
7. *Корельская Т.А., Попова Л.Ф., Наквасина Е.Н.* Особенности накопления биофильных элементов растениями на различных типах почв Архангельска // Мониторинг окружающей среды: материалы V междунар. конф., 8–15 сентября 2007, Римини. М., 2007. С. 45–47.
8. *Коломыц Э.Г., Глебова О.В., Розенберг Г.С., Сидоренко М.В., Юнина В.П.* Природный комплекс большого города: Ландшафтно-экологический анализ. М., 2000, 286 с.
9. *Попова Л.Ф., Никитина М.В., Наквасина Е.Н.* Химические элементы в почвенно-растительном покрове Архангельска. Архангельск, 2013. 146 с.

10. Богданчикова О.В., Боголицын К.Г., Фокина В.А. Изменение содержания минеральных веществ в воде р. Северная Двина // Лесн. журн. 1999. № 4. С. 103–109.

References

1. Barder S.A. *Soil Nutrient Bioavailability: a Mechanistic Approach*. New York, 1995. 414 p.
2. Baboshkina S.V., Puzanov A.V. Khimicheskiy sostav pochv i rasteniy razlichnykh po antropogennoy nagruzke territoriy Barnaula [Chemical Soil and Plant Composition of the Areas of Barnaul with Different Anthropogenic Load]. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya* [The World of Science, Culture and Education], 2008, no. 3(10), pp. 14–18.
3. Efremov A.A., Shatalina N.V., Strizheva E.N., Pervyshina G.G. Vliyanie ekologicheskikh faktorov na khimicheskiy sostav nekotorykh dikorastushchikh rasteniy Krasnoyarskogo kraya [The Impact of Environmental Factors on the Chemical Composition of Some Wild Plants of Krasnoyarsk Region]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of Plant Raw Material], 2002, no. 3, pp. 53–56.
4. Nakvasina E.N., Popova L.F., Korel'skaya T.A., Nikonova Yu.M. *Biogeokhimicheskaya indikatsiya ekologicheskogo sostoyaniya pochvenno-rastitel'nogo pokrova tsentral'noy chasti Arkhangel'ska* [Biogeochemical Indication of the Ecological State of Soil and Vegetation Cover of the Central Part of Arkhangelsk]. Arkhangelsk, 2009. 243 p.
5. Bullok P., Gregory P. Soils in the Urban Environments. *Blackwell Scientific Publications*. Oxford, 1991. 174 p.
6. Nakvasina E.N., Dumanskaya T.I. Landshaftnaya organizatsiya territorii Arkhangel'ska (na primere Kuznechevskogo promuzla) [Landscape Planning in Arkhangelsk (Case Study of the Kuznechevskiy Industrial Center)]. *Ekologicheskie problemy Severa: mezhvuz. sb. nauch. tr.* [Ecological Problems of the North: Interacademic Proc.]. Ed. by P.A. Feklistov. Arkhangelsk, 2007, iss. 10, pp. 152–155.
7. Korel'skaya T.A., Popova L.F., Nakvasina E.N. Osobennosti nakopleniya biofil'nykh elementov rasteniyami na razlichnykh tipakh pochv Arkhangel'ska [Features of Biophile Elements Accumulation in Plants in Different Types of Soils of Arkhangelsk]. *Monitoring okruzhayushchey sredy (Materialy V mezhd. konf. 8–15 sentyabrya 2007, Rimini, Italiya). Fundamental'nye issledovaniya* [Environmental Monitoring (Proc. V Int. Conf. 8–15 September, 2007, Rimini, Italy). The Basic Research]. Moscow, 2007, no. 11, pp. 45–47.
8. Glebova O.V., Kolomyts E.G., Rozenberg G.S., Sidorenko M.V., Yunina V.P. *Prirodnyy kompleks bol'shogo goroda: Landshaftno-ekologicheskiy analiz* [The Natural Complex of the City: Landscape and Environmental Analysis]. Moscow, 2000. 286 p.
9. Popova L.F., Nikitina M.V., Nakvasina E.N. *Khimicheskie elementy v pochvenno-rastitel'nom pokrove Arkhangel'ska* [Chemical Elements in the Soil and Vegetation Cover of Arkhangelsk]. Arkhangelsk, 2013. 146 p.
10. Bogdanchikova O.V., Bogolitsyn K.G., Fokina V.A. Izmenenie soderzhaniya mineral'nykh veshchestv v vode r. Severnaya Dvina [Change in the Mineral Content in the Northern Dvina River]. *Lesnoy zhurnal*, 1999, no. 4, pp. 103–109.

doi: 10.17238/issn2227-6572.2015.4.83

Nikitina Mariya Viktorovna

Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov
Severodvinskaya str., 13A, Arkhangelsk, 163002, Russian Federation;
e-mail: m.nikitina@narfu.ru

NUTRIENT CONCENTRATION AS A DIAGNOSTIC INDICATOR OF THE PROCESSES IN THE URBAN SOILS OF ARKHANGELSK

The nutrient concentration of nitrogen, phosphorus and potassium in a soil cover can be considered as a soil fertility indicator and diagnostic characteristic of the changes because of the influence of technogenic pollution in the urban environment. The study of the total content of labile soil nutrients, their migration ability in the soil profile and seasonal content dynamics reveals some special soil features of industrial, residential, grassland and forest landscapes in Arkhangelsk in dependence to the level of

human impact. The maximal anthropogenic load in the industrial landscape causes the change of total nutrient content, especially labile soil potassium: 90 % of sampling areas have a high content of it, and 10 % – a very high content. Decreasing series of nutrient accumulation in soils of the unpolluted territory, in forest and residential landscapes is as follows: $P > K > N$. Potassium predominates in soils of industrial and grassland landscapes in terms of accumulation: $K > P > N$. This may be due to the anthropogenic impact of industrial landscape and features of floodplain soils in the grassland landscape. The nature of elements migration in the soil profile significantly changes: the proportion of humus-illuvial accumulation increases in soils of industrial landscape, while the less polluted landscapes are characterized by the accumulation in the surface humic layers. Seasonal dynamics of nutrients distribution changes. In soils of the industrial areas by the end of a growing season the accumulation of phosphorus and potassium is observed, which seems to have a technogenic origin. A steady decline in the concentration of these elements is marked in the unpolluted and natural-anthropogenic territories.

Keywords: *plant nutrients, urban soil, industrial landscape, grassland landscape, forest landscape.*