

- A.A. Kalakin, I.V. Perminova [i dr.] // Vestnik Moskov. un-ta. Ser. 2. Khimiya. – 2008. – T. 49. – № 6. – S. 395–402.
6. Molokov V.A., Stepen' R.A., Khrebtov B.A. Gumus gornyx pochv temnokhvoj-nykh lesov Yuzhnoj Sibiri // Pochvovedenie. – 1984. – № 1. – S. 24–31.
 7. Flora i rastitel'nost' Biologicheskoy stantsii Ural. gos. un-ta / V.A. Mu-khin, A.S. Tret'yakova, A.Yu. Teptina [i dr.]. – Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta, 2003. – 132 s.
 8. Kremnij i guminovye kisloty: modelirovanie vzaimodejstvij v pochve / E.N. Ofitserov, G.K. Ryabov, Yu.A. Ubas'kina [i dr.] // Izvestiya Samar. nauch. tsentra RAN. – 2011. – T. 13. – № 4 (2). – S. 550–557.
 9. Modelirovanie dinamiki organicheskogo veshhestva pochv / A.V. Smagin, N.B. Sadovnikova, M.V. Smagina [i dr.]. – M.: Izd-vo MGU, 2001. – 120 s.
 10. Firsova V.P., Pavlova T.S. Pochvennye usloviya i osobennosti biologicheskogo krugovorota veshhestv v gornyx osnovnykh lesakh. – M.: Nauka, 1983. – 166 s.
 11. Firsova V.P., Pavlova T.S., Dedkov V.S. Biogeotsenoticheskie svyazi i pochvoobrazovanie v sopryazhennykh landshaftakh Srednego Urala. – Sverdlovsk: Izd-vo UrO AN SSSR, 1990. – 134 s.
 12. Firsova V.P., Rzhannikova G.K. Pochvy yuzhnoj tajgi i khvojno-shirokolistvennykh lesov Urala i Zaural'ya // Lesnye pochvy yuzhnoj tajgi Urala i Zaural'ya / pod red. P.L. Gorchakovskogo, V.P. Firsovoj. – Sverdlovsk: Ural. nauch. tsentr AN SSSR, 1972. – S. 3–87.
 13. Kremnij i metody ego opredeleniya / A.Kh. Sheudzhen, T.F. Bochko, S.A. Ryabtseva [i dr.]. – Majkop: Izd-vo MGTI, 2002. – 41 s.
 14. Schnitzer M. Reactions between Fulvic Acid, a Soil Humic Compound and Inorganic Soil Constituents // Soil Science Society of America Proceedings. – 1969. – Vol. 33. – P. 75–81.

УДК 635.9:572.8:581.192.6 (571.14)

Л.Л. Седельникова, О.В. Чанкина

СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВЕГЕТАТИВНЫХ ОРГАНАХ КРАСОДНЕВА ГИБРИДНОГО (*HEMEROCALLIS HYBRIDA*) В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ

L.L. Sedelnikova, O.V. Chankina

THE CONTENT OF HEAVY METALS IN THE VEGETATIVE ORGANS OF *HEMEROCALLIS HYBRIDA* IN URBAN ENVIRONMENT

Изучен элементный состав надземных и подземных органов *Heimerocallis hybrida hort.* – красоднев гибридный сем. *Heimerocallidaceae*. В работе использовали два сорта *Speak to me* – Спик ту ми и *Regal Air* – Регал Айр. Элементный состав определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения (РФА СИ), основанном на взаимодействии вещества с высокоэнергетическим электромагнитным излучением СИ. Представлены результаты исследования элементного состава вегетативных органов *Heimerocallis hybrida*. Проанализировано содержание тяжелых металлов в листьях и корневиках у сортов *Regal Air* и *Speak to me*, выращиваемых в городской среде. Изучено количество девяти элементов разной степени

токсичности у надземных и подземных органов в семи промышленных зонах и зоне автотранспортных дорог Советского района г. Новосибирска и Бердска. Выявлены родственные связи содержания в листьях и корневиках девяти аддитивных элементов: Pb, Ni, Co, Zn, Fe, Mn, Ca, Sr, Cu у двух сортов *Heimerocallis hybrida*: *Regal Air* и *Speak to me*, отличающихся их количественным содержанием. По величине абсолютного содержания в надземных органах *Speak to me* и *Regal Air* элементы располагаются в одинаковом порядке: Ca>Fe>Sr>Mn>Zn>Cu>Ni>Pb>Co. Однако количественное содержание данных элементов у сорта *Regal Air* в листьях выше, чем у сорта *Speak to me*. Наиболее высокое содержание элементов в листьях обнаружено в промыш-

ленных зонах и зоне автотранспортных дорог: Новосибирская ГЭС (Опытный завод), Шлюз, завод ЖБИ. Отмечена сортоспецифичность в содержании элементов в подземных органах. У сорта *Speak to me* накопительная способность элементов выше, чем у сорта *Regal Air*. Тяжелые металлы у *Speak to me* располагаются в ряду: $\text{Ca} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Sr} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Ni} > \text{Co}$; *Regal Air*: $\text{Ca} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Sr} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Pb} > \text{Co}$, исключение в порядке элементов составляют Pb и Ni , которые выше у первого сорта по сравнению со вторым.

Ключевые слова: урбанизированная среда, тяжелые металлы, вегетативные органы, красоднев гибридный.

The elemental composition of aboveground and underground organs of *Hemerocallis hybrida* hort. family *Hemerocallidaceae* was studied. We used two varieties *Speak to me* and *Regal Air*. Elemental composition was determined by x-ray fluorescence analysis using synchrotron radiation, based on the interaction of matter with high-energy electromagnetic radiation. The content of heavy metals in leaves and rhizomes in the cultivars *Regal Air* and *Speak to me* grown in the urban environment was analyzed. Nine elements of different degrees of toxicity in the aboveground and underground organs in seven industrial areas and motor roads of the Soviet district of Novosibirsk and Berdsk were studied. The blood ties of content in leaves and rhizomes of nine additive elements Pb , Ni , Co , Zn , Fe , Mn , Ca , Sr , Cu in two kinds of *Hemerocallis* hybrid, *Regal Air* and *Speak to me*, distinguished by their quantitative content were revealed. The largest absolute content in the aboveground organs *Speak to me* and *Regal Air*, the elements are arranged in the same order $\text{Ca} > \text{Fe} > \text{Sr} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Pb} > \text{Co}$. However, the quantitative content of elements in the kind *Regal Air* in the leaves is higher, than in grade *Speak to me*. The highest contents of elements in leaves found in industrial areas and motor roads of the Novosibirsk hydroelectric power station (pilot plant), the Gateway, the precast factory. The kind specifically in the concentration of elements in underground organs was observed. In the kind "Speak to me" the storage capacity of the elements was higher than that of the kind "Regal Air". Heavy metals in *Speak to me* are in a row of

$\text{Ca} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Sr} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Ni} > \text{Co}$, *Regal Air* $\text{Ca} > \text{Fe} > \text{Mn} > \text{Sr} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Ni} > \text{Pb} > \text{Co}$, an exception to the order of elements is Pb and Ni , which is higher in first grade compared with the second.

Keywords: urban environment, heavy metals, vegetative organs, *hemerocallis* hybrid.

Введение. Экологическое состояние городской среды оказывает существенное влияние на жизнедеятельность человека. Из большого числа разнообразных химических веществ, поступающих в окружающую среду в результате природного и техногенного воздействия, особое место занимают тяжёлые металлы. В связи с увеличением загрязнения необходимо изучение закономерностей их содержания в вегетативных органах растений, выращиваемых в урбанизированной среде [Авессаломова, 1987; Алексеев, 1987; Матвеев и др., 1997; Седелникова и др., 2015].

Цель работы. Провести сравнительный анализ содержания некоторых тяжелых металлов в вегетативных органах *Hemerocallis hybrida*, произрастающих в городской среде.

Материал и методы. Изучен элементный состав надземных и подземных органов *Hemerocallis hybrida* hort. – красоднев гибридный сем. *Hemerocallidaceae*. В работе использовали два сорта: *Speake to me* – Спик ту ми и *Regal Air* – Регал Айр. В течение вегетационного периода 2014 г. растения выращивали на восьми пробных площадках в окрестностях гг. Новосибирска и Бердска в местах, расположенных в промышленной зоне и на автомагистральных дорогах: 1 – контроль, экспозиционный участок цветочно-декоративных культур ЦСБС СО РАН; 2 – Бердск, микрорайон Южный, в 50 м от главной дороги; 3 – Бердск, ул. Боровая, в 5 м от главной дороги по направлению к лесхозу; 4 – Советский район г. Новосибирска, Наукоград Кольцово, в зоне 50 м от главной дороги и НПО «Вектор»; 5 – пригородная зона Наукограда Кольцово, в 5 м от второстепенной дороги; 6 – Советский район г. Новосибирска, левый берег ГЭС, в 50 метрах от главной дороги и Опытного завода; 7 – Советский район г. Новосибирска, правый берег Шлюз, в промзоне в 5 метрах от главной дороги; 8 – Советский район, в 50 метрах от главной дороги и Новосибирского завода ЖБИ. Опыты закладывали на делянках 1 м² по

три одновозрастных растения в каждой, в трех повторностях.

Элементный состав определяли методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения (РФА СИ), основанным на взаимодействии вещества с высокоэнергетическим электромагнитным излучением СИ. Анализ элементного состава образцов растительности и почв проводили на станции элементного анализа ЦКП СЦСТИ Института ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН (накопитель ВЭПП-3) [Baryshev, Kulipanov, Skrinisky, 1991]. Основные характеристики экспериментальной станции и методические аспекты работы описаны в работах [Дарьин, Ракшун, 2013;

<http://ssrc.inp.nsk.su/CKP/stations/passport/3/>].

Подготовка проб включала следующие процедуры: воздушно-сухое растительное сырье, а также почву (1 г) измельчали, растирая в агатовой ступке до порошкообразного состояния; из порошка пробы в специально сконструированной пресс-форме прессовали при давлении 100–150 кг/см² таблетку весом 30 мг и диаметром 1 см, используя гидравлический пресс; затем образец в виде таблетки упаковывался во фторопластовые кольца между двумя фторопластовыми пленками толщиной 5 мкм. Измерения проводили при энергии возбуждения 23 кэВ, время измерения спектра каждого образца составляло от 300 до 500 секунд. Полученные флуоресцентные спектры обрабатывали пакетом программного обеспечения AXIL, разработанного для обработки сложных спектров. Концентрацию элементов определяли с использованием метода внешнего стандарта. Основным требованием при использовании внешнего стандарта является близость химического состава матриц исследуемого и стандартного образцов, а также уровней содержания элементов в них. В качестве стандартных образцов сравнения, как наиболее близких по составу к определяемым образцам, использовали российские сертифицированные стандарты: для растительных образцов – ГСО СОРМ1 (травозлаковая смесь), для почвогрунта – стандарт байкальского ила БИЛ-1 [Арнаутов, 1990]. Предел обнаружения элементов и относительное стандартное отклонение для данных условий эксперимента (энергия возбуждения 23 кэВ)

рассчитывали по 20 параллельным измерениям стандартного образца СОРМ1 и 15 параллельным измерениям стандарта БИЛ1. Опытные и контрольные растения в течение 2014 г. (с мая по сентябрь) произрастали на данных площадках и оставались зимовать. Пробы для анализа взяты в конце вегетационного периода (третья декада сентября). Все расчеты приведены в мкг/г.

Результаты и их обсуждение. В работе проанализированы результаты содержания отдельных элементов из группы очень токсичных металлов (Pb, Ni, Co), умеренно токсичных (Zn, Fe, Mn) и слаботоксичных (Ca, Sr, Cu), согласно классификации [Матвеев и др., 1997]. Относительно содержания их в почве установлено, что Pb в 6 раз больше в районе правого берега Шлюз (промышленная и автомагистральная зона) по сравнению с контролем (табл. 1). Значения Pb выше контрольных в 1,5 раза также были в опытных образцах почв на площадках 2, 4, 5 рядом с автодорогой по ул. Боровой (Бердск), в зоне Кольцово и у Опытного завода, рядом с ГЭС. Содержание Co в почве было больше в микрорайоне Южном (г. Бердск) – 14 мкг/г и одинаково с контролем у Опытного завода – 11–12 мкг/г и НПО «Вектор» в Кольцово соответственно. На пробных площадках 2, 4, 6, 7 содержание Co в почвенном анализе было в 1,5–2 раза меньше, чем в контроле, причём в районе ЖБИ оно было наименьшим – 5 мкг/г. Содержание Ni в почве было больше, чем в контроле, в 1,5 раза в м-не Южном г. Бердска, район Шлюз, Новосибирская ГЭС, Кольцово – НПО «Вектор». Однако содержание Co меньше, чем в контроле, на 3-, 5- и 8-й опытных площадках. Наименьшее количество Ni (15 мкг/г), более чем в 2 раза, наблюдали в почвенных образцах вдоль автомагистрали в районе ЖБИ.

Содержание умеренно токсичных металлов различалось в почвенных образцах во всех вариантах опыта. Наибольшее количество отмечено в почве Fe, наименьшее – Zn, среднее – Mn (см. табл.). Однако в районе Шлюз Zn в почве было более чем в 10 раз больше (461 мкг/г) по сравнению с контролем (41 мкг/г). Известно, что значительное количество Zn поступает в почву с твёрдыми бытовыми отходами ГРЭС на буром угле [Матвеев и др., 1997].

**Элементный состав разной степени токсичности металлов в почве
на пробных площадках ($M \pm m$), мкг/г**

Элемент	Контроль	Опыт						
	1	2	3	4	5	6	7	8
Очень токсичные металлы								
Pb	96±9,6	71±7,1	160±16	99±9,9	161±16,1	170±17,0	675±67,5	66±6,6
Ni	32±3,2	48±4,8	18±1,8	42±4,2	27±2,7	44±4,4	49±4,9	15±1,5
Co	11±0,88	14±1,12	6±0,48	12±0,96	8±0,64	11±0,88	9±0,72	5±0,40
Умеренно токсичные								
Zn	41±2,87	67±4,69	66±4,62	57±3,99	59±4,13	85±5,95	461±32,27	29±2,03
Fe	21218± 1060,9	31114± 1555,7	10887± 544,35	27679± 1383,9	15712± 785,6	23610± 118,0	13760± 688,0	9189± 459,45
Mn	705± 35,25	764± 38,2	271± 13,55	735± 36,75	536± 26,8	655± 32,75	541± 27,05	230± 11,5
Слаботоксичные								
Ca	13242± 1059,4	14186± 1134,9	132438± 10595,0	17731± 141,84	33802± 2704,2	25819± 2065,5	107248± 579,8	123593± 6179,65
Sr	174± 22,62	175± 22,75	161± 20,95	173± 22,49	153± 19,89	187± 24,31	160± 20,8	117± 15,21
Cu	17±1,0	27±1,6	20±1,2	24±1,4	59±3,5	29±1,7	40±2,4	13±0,8

Примечание: 1 – контроль, ЦСБС; 2 – Бердск, м-н Южный; 3 – Бердск, ул. Боровая; 4 – Кольцово, НПО «Вектор»; 5 – Кольцово, пригородная зона; 6 – Новосибирская ГЭС (левый берег); 7 – район Шлюз (правый берег); 8 – район завода ЖБИ.

Наибольшее количество Fe наблюдали на опытных площадках г. Бердска, м-н Южный, Кольцово – НПО «Вектор» и Новосибирской ГЭС (23610–31114 мкг/г). Вблизи автодорог по ул. Боровая г. Бердска, завода ЖБИ Fe в почве было в 1,5–2 раза меньше по сравнению с контролем. Содержание Mn в почве было незначительно выше, чем в контроле (705 мкг/г), в м-не Южном г. Бердска (764 мкг/г) и НПО «Вектор» – Кольцово (735 мкг/г), но имело более высокие показатели по сравнению с другими опытными площадками. Наименьшее количество Mn в почве (230 мкг/г) установлено в районе ЖБИ, что в 3 раза меньше, чем в контроле.

Из слаботоксичных металлов в почве по количественному содержанию было больше Ca, далее Sr и Cu. В основном во всех районах, где проведены наблюдения, включая контроль, в почвенных образцах очень высокое содержание Ca (см. табл.). Однако в промышленных зонах и около автодорог на площадках 5–8 его более чем в 10–30 раз больше, чем в контроле. Содержание Sr в почве сравнительно одинаковое (173–175 мкг/г) с контролем (174 мкг/г). На площадках 3, 5, 7, 8 его было меньше, чем в контроле. Наибольшее количество Sr установлено в почвенных образцах в районе Новосибирской ГЭС вблизи Опытного завода (187 мкг/г). Наименьшее количественное содержание Cu

установлено в районе завода ЖБИ. В пригородной зоне Кольцово его количество в почве было в 3 раза больше, чем в контроле.

Подземные органы. Характер распределения элементов по органам изменяется в течение возрастного и сезонного периода. Известно, что накопление металлов идет фоллиарным (листьями) и корневым поглощением. Отмечено, что содержание очень токсичного металла Pb было больше в корневиках у сорта *Speake to me* в районе Шлюз (17,0±2,55 мкг/г), Новосибирской ГЭС (4,8±0,72 мкг/г) и пригородной зоне Кольцово (6,2 ±0,93 мкг/г) по сравнению с контролем, где Pb не обнаружено. У сорта *Regal Air* в корневиках Pb наблюдали в 4–5 раз больше, чем в контроле, при выращивании растений на этих же пробных площадках в районе Новосибирской ГЭС, Шлюз и Кольцово. Содержание Ni в корневиках сорта *Regal* было от 5,5±1,1 до 9,3±1,86 мкг/г на площадках: 4 – Кольцово – НПО «Вектор»; 5 – Кольцово – пригородная зона; 6 – Новосибирская ГЭС; 7 – район Шлюз, т.е. больше, чем в контроле (3,9±0,78 мкг/г). У сорта *Speake to me* установлено самое высокое содержание Ni в районе ГЭС (7,6±1,52 мкг/г) и Шлюз (8,4±1,68 мкг/г) по сравнению с контролем (3,5±0,7 мкг/г). Установлено, что количество Co было меньше, чем в контроле, у сорта *Speake to me* в районах ул. Боровая г. Бердска. У сорта

Regal Air на площадках м-на Южный и ул. Боровая также содержание *Co* было меньше, чем в

контроле, и одинаково с ним в районе завода ЖБИ (рис. 1, а, б).

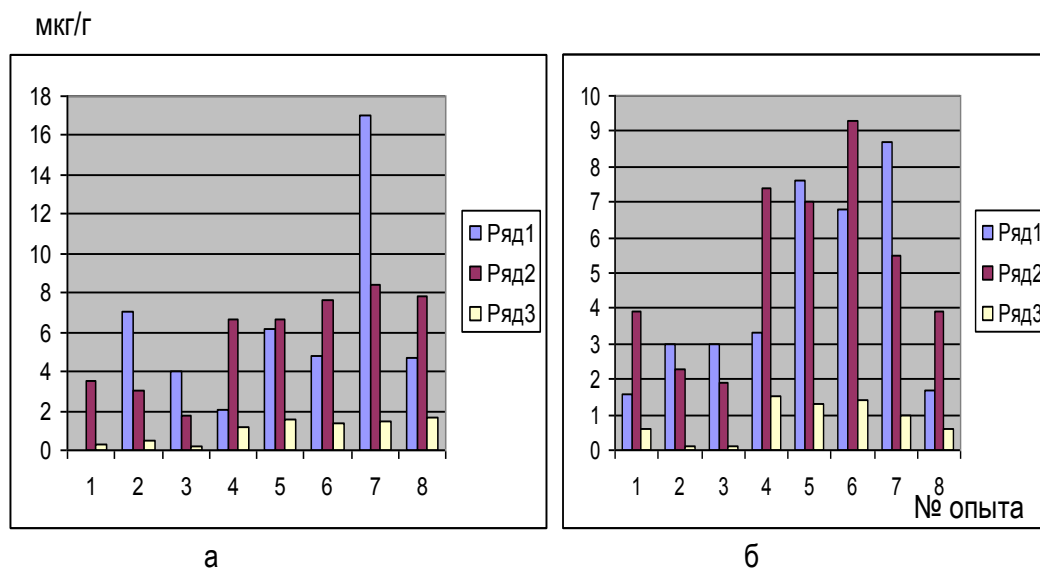


Рис. 1. Содержание очень токсичных металлов (мкг/г): *Pb* (ряд 1); *Ni* (ряд 2); *Co* (ряд 3) в подземных органах сорта *Speake to me* (а) и *Regal Air* (б). Здесь и далее: 1 – контроль ЦСБС; 2 – Бердск, Южный; 3 – Бердск, ул. Боровая; 4 – Кольцово, НПО «Вектор»; 5 – Кольцово, пригородная зона; 6 – Новосибирская ГЭС (левый берег); 7 – район Шлюз (правый берег); 8 – район завода ЖБИ

По умеренно токсичным металлам (*Zn*, *Fe*, *Mn*) самое высокое их содержание было в подземных органах у обоих сортов в районе Новосибирской ГЭС (рис. 2, а, б). На опытной площадке района Шлюз в подземных органах обоих сортов *Zn* было в 2–3 раза больше, чем в контроле и на других опытных площадках. Высоким содержанием *Fe* и *Mn* отличались подземные органы сорта *Regal Air*, произрастающего на

опытных площадках НПО «Вектор» в пригородной зоне Кольцово, Новосибирской ГЭС и Шлюз (Советский район г. Новосибирска). У сорта *Speake to me* высокие показатели этих же элементов были на этих же пробных площадках и в районе завода ЖБИ (*Fe* – $5958 \pm 476,64$ мкг/г, *Mn* – $235 \pm 11,75$ мкг/г), что в 4–5 раз больше, чем в контроле.

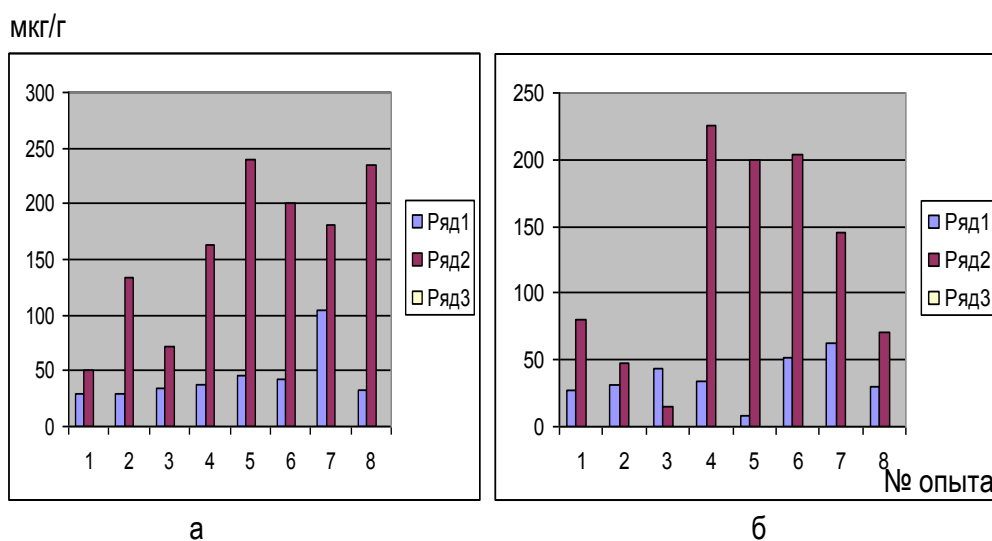


Рис. 2. Содержание умеренно токсичных металлов: *Zn* (ряд 1); *Mn* (ряд 2) в подземных органах сорта *Speake to me* (а) и *Regal Air* (б)

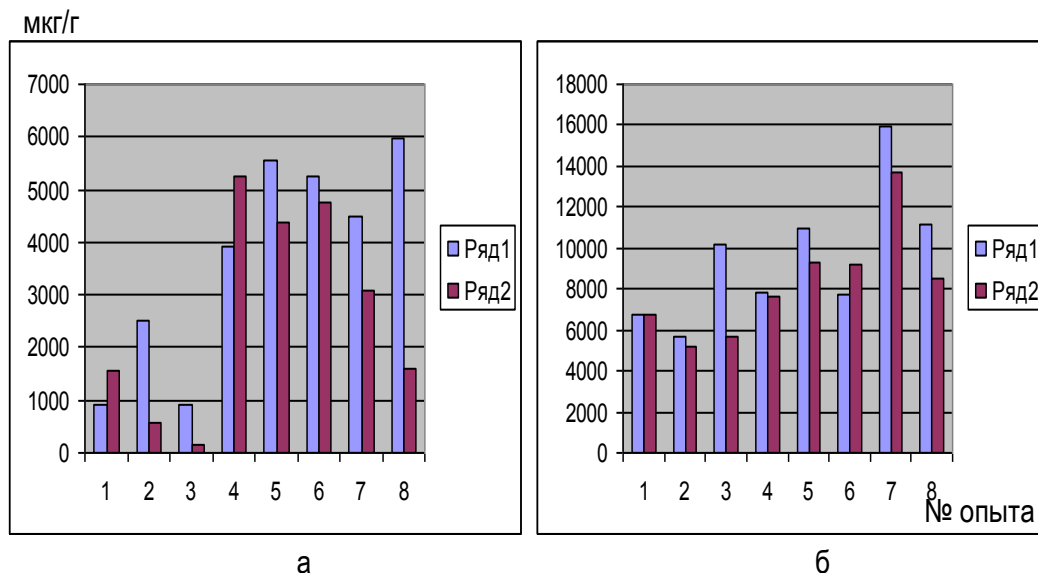


Рис. 3. Содержание железа (а) и кальция (б) в подземных органах *Speake to me* (ряд 1) и *Regal Air* (ряд 2)

Содержание слаботоксичных металлов в корневиках также отличалось повышенными значениями, как по сравнению с контролем, так и между сортами. Высокое содержание Ca, Sr и Cu было установлено в корневиках обоих сор-

тов (рис. 3, б; 4 а, б), выращиваемых с 4-й по 8-ю опытную площадку. Только Sr и Cu было немного меньше в подземных органах *Regal Air* в районе завода ЖБИ.

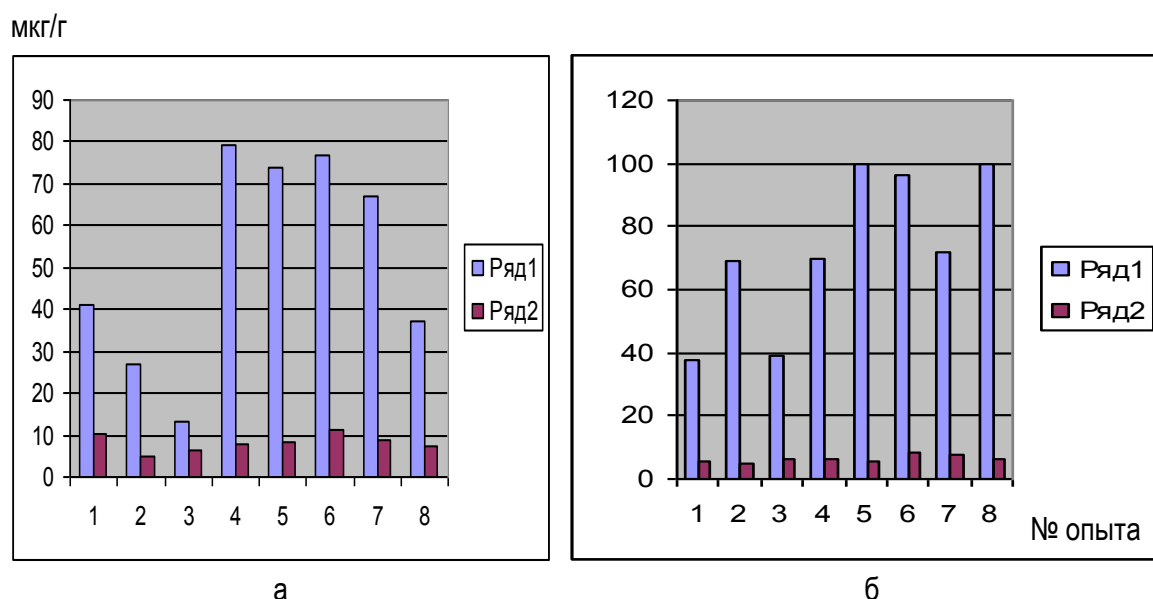


Рис. 4. Содержание слаботоксичных металлов: Sr (ряд 1); Cu (ряд 2) в подземных органах сорта *Speake to me* (а) и *Regal Air* (б)

Надземные органы. Относительно содержания очень токсичных металлов Pb, Ni, Co в листьях сорта *Regal Air* отмечено, что их наибольшее количество было в районе Шлюз. В листьях сорта *Speake to me* содержание Pb было в 10 раз больше также в районе Шлюз, в 2

раза больше в Бердске по ул. Боровая и в 8 раз в районе Новосибирской ГЭС. По Ni и Co содержание элементов было одинаково либо меньше в вариантах 2, 3, 4, 6 по сравнению с контролем, либо в 1,5–2 раза больше контроля в вариантах 7, 8. На опытной площадке в рай-

оне завода ЖБИ в листьях сорта *Regal Air* содержание Ni было в 3 раза больше, у сорта *Speake to me* в 1,5 раза больше, чем в контроле. В листьях сорта *Regal Air* количество Co в 5 раз больше, у *Speake to me* в 2 раза больше по сравнению с контролем (рис. 5, а, б).

По умеренно токсичным металлам (Fe, Zn, Mn) наибольшее их количество было в листьях образцов сорта *Speake to me* в местах около Опытного завода и ЖБИ, а сорта *Regal Air* в районе Шлюз. Однако содержание Zn и Mn бы-

ло в 2 раза, железа в 3 раза больше в районе Шлюз у сорта *Regal Air* по сравнению с контролем. Показания Mn во всех вариантах опыта были больше в листьях обоих сортов, однако наибольшее количество ($208 \pm 18,45$ мкг/г) наблюдали у сорта *Regal Air* в районе Шлюз и у сорта *Speake to me* в районе Новосибирской ГЭС (рис. 6, а, б). Высокое содержание Fe отмечено у опытных растений сорта *Speake to me* в вариантах с 5-го по 8-й и сорта *Regal Air* со 2-го по 8-й (рис. 7, а).

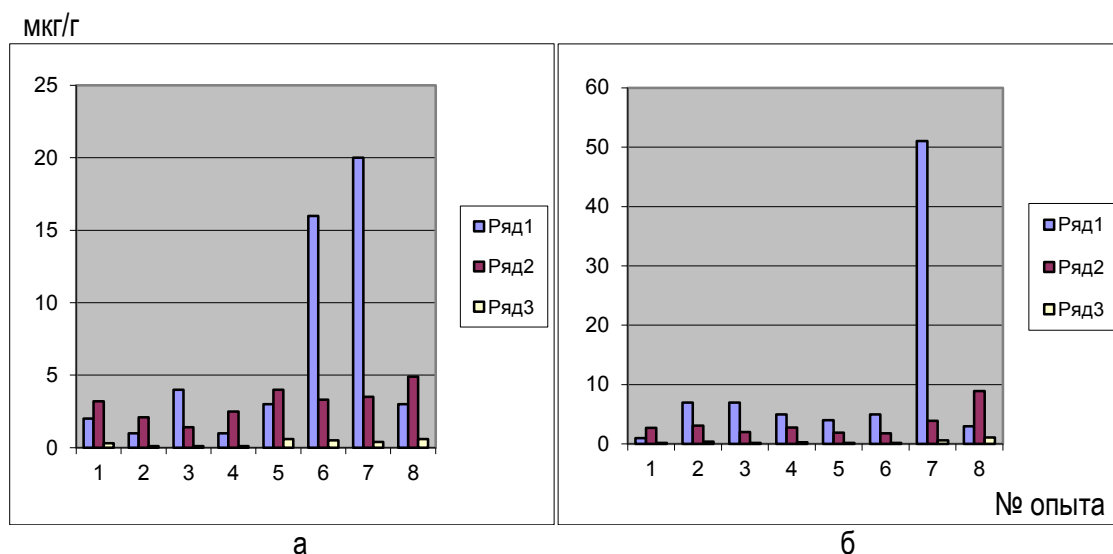


Рис. 5. Содержание очень токсичных металлов (мкг/г): Pb (ряд 1); Ni (ряд 2); Co (ряд 3) в надземных органах сорта *Speake to me* (а) и *Regal Air* (б)

По слаботоксичным металлам (Ca, Sr, Cu) уровень содержания Ca в листьях сорта *Speake to me* был больше в 1,5–2 раза по сравнению с контролем на опытных площадках: 5 – Кольцово НПО «Вектор», 6 – ГЭС, 7 – район Шлюз. У сорта *Regal Air* содержание Ca в листьях было в 1,5 раза больше, чем у сорта *Speake to me*. По сравнению с контролем его было в 2 раза больше в районе произрастания опытных растений завода ЖБИ и в 3 раза больше в районе Шлюз (рис. 7, б).

Однако на площадках в районе м-на Южный г. Бердска, Кольцово НПО «Вектор», Новосибирской ГЭС содержание Ca в листьях было меньше у сорта *Speake to me*, чем в контроле. У сорта *Regal Air* его было меньше, чем в контроле ($13101 \pm 786,06$ мкг/г), в районе Новосибир-

ской ГЭС ($10847 \pm 650,82$ мкг/г) и Бердска, м-н Южный ($11903 \pm 714,18$ мкг/г).

Установлено, что содержание Sr в листьях сорта *Speake to me* в 1,5–2 раза больше, чем в контроле, на опытных площадках: 5 – Кольцово, пригородная зона, 6 – Новосибирская ГЭС, 7 – Шлюз. На других площадках его количество меньше в листьях по сравнению с контролем. У сорта *Regal Air* Sr его было в 2,5 раза меньше в листьях в контроле ($63 \pm 3,78$ мкг/г) по сравнению с пробными площадками Новосибирской ГЭС ($163 \pm 9,78$ мкг/г) и района Шлюз ($154 \pm 9,24$ мкг/г). Наибольшее содержание Cu наблюдали в листьях сорта *Speake to me* (в 2 раза) и сорта *Regal Air* (в 3 раза) по сравнению с контролем на пробных площадках в районе Шлюз и завода ЖБИ. Наименьшее содержание Cu ($3,9 \pm 0,19$ мкг/г) у сорта *Speake to me* в районе авто-

дороги по ул. Боровая (г. Бердск). У сорта *Regal Air* в пригородной зоне Наукоград Кольцово отмечено наименьшее накопление Си в листьях,

чем на других пробных площадках ($4,8 \pm 0,24$ мкг/г), но больше, чем в контроле (рис. 8, а, б).

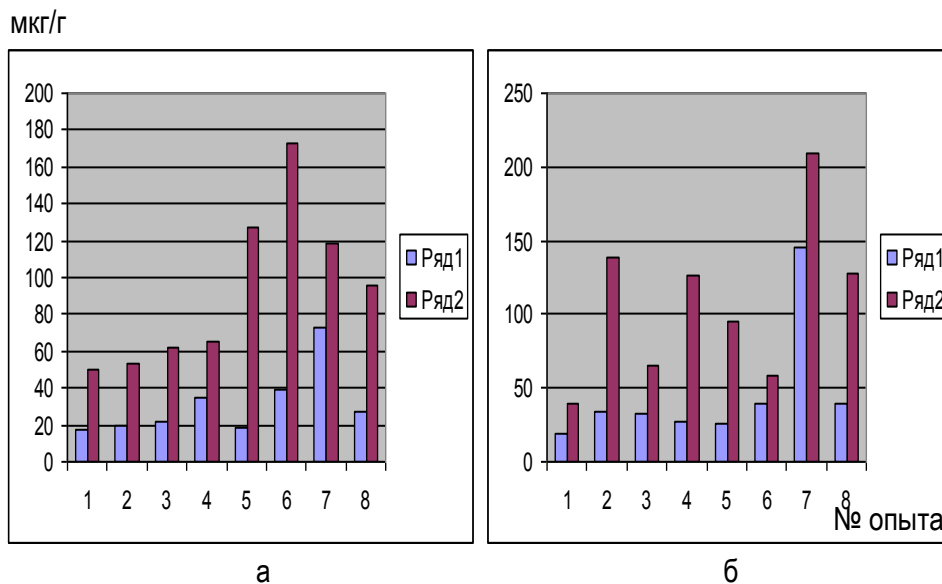


Рис. 6. Содержание умеренно токсичных металлов: Zn (ряд 1); Mn (ряд 2); Cr (ряд 3) в надземных органах сорта *Speake to me* (а) и *Regal Air* (б)

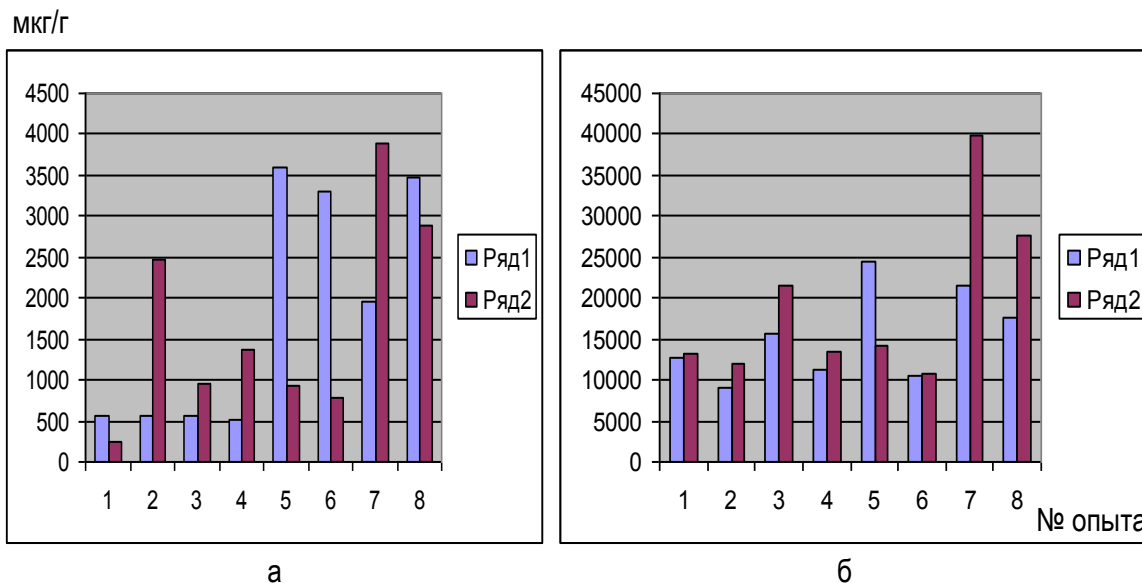


Рис. 7. Содержание железа (а) и кальция (б) в надземных органах *Speake to me* (ряд 1) и *Regal Air* (ряд 2)

Таким образом, содержание данных элементов в корневищах у сортов *Speake to me* и *Regal Air* отличалось сортоспецифичностью и было по отдельным элементам Pb, Ni, Fe, Mn, Zn, Ca больше у сорта *Speake to me* по сравнению с сортом *Regal Air*. Тогда как аккумуляционная

способность надземных органов – листьев у сорта *Regal Air* была выше, чем у сорта *Speake to me*. Элементный состав в вегетативных органах растений имел большее содержание на пробных площадках городской среды, чем в контроле. Исключение составляли Ni и Co на

опытных площадках, расположенных в г. Бердск: 1 – м-н Южный, 2 – ул. Боровая. Наибольшей аккумуляционной способностью исследованных элементов в подземных и надземных органах отличались опытные растения, произрастающие на пробных площадках Новосибирской ГЭС, района Шлюз, завода ЖБИ, в более промышленных зонах и вблизи автодорог. Среднее положение занимали НПО «Вектор» и пригородная зона (Кольцово). Наименьшее количественное содержание элементов наблюдали в м-не Южный и ул. Боровая (г. Бердск), расположенных в пригородно-

санаторных и более отдалённых районах от особо развитых промышленных зон города. Проанализирована связь содержания элементов в почве и вегетативных органах растений *Hemerocallis hybrida*, выращиваемых на данных почвах в условиях городской среды, как качественного показателя не только декоративного состояния сортов, которое оценено в 3–5 баллов, но и аккумуляции ими тяжёлых металлов разной степени токсичности. Это усиливает устойчивость и адаптационную способность данных сортов в экстремальных условиях.

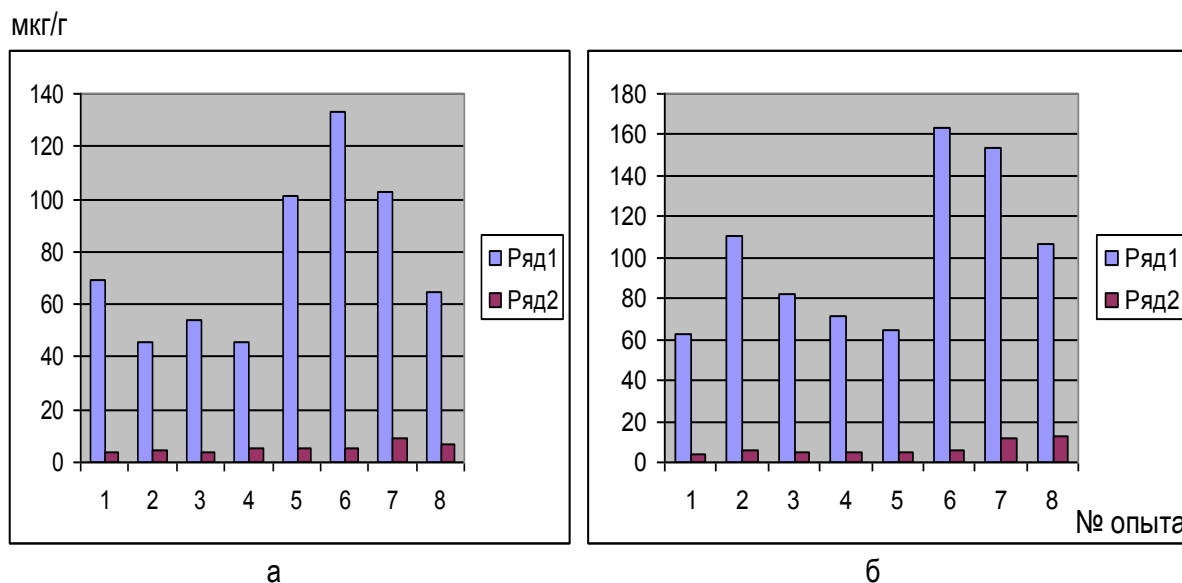


Рис. 8. Содержание слаботоксичных металлов: Sr (ряд 1); Cu (ряд 2) в надземных органах сорта *Speake to me* (а) и *Regal Air* (б), мкг/г

Выводы

1. Выявлены родственные связи содержания в листьях и корневищах девяти аддитивных элементов: Pb, Ni, Co, Zn, Fe, Mn, Ca, Sr, Cu – у двух сортов *Hemerocallis hybrida*: *Regal Air* и *Spike to me*, отличающихся их количественным содержанием.

2. Аккумуляционная способность надземных органов у сортов *Speake to me* и *Regal Air* к металлам разного уровня токсичности высокая. По величине абсолютного содержания в надземных органах *Speake to me* и *Regal Air* элементы располагаются в одинаковом порядке: Ca>Fe>Sr>Mn>Zn>Cu>Ni>Pb>Co. Однако количественное содержание данных элементов у сорта *Regal Air* в листьях выше, чем у сорта *Speake to me*. Наиболее высокое содержание элементов в листьях обнаружено в промышлен-

ных зонах и на автотранспортных дорогах: Новосибирская ГЭС (Опытного завода), Шлюз, завод ЖБИ.

3. Отмечена сортоспецифичность в содержании элементов в подземных органах. У сорта *Speake to me* накопительная способность элементов выше, чем у сорта *Regal Air*. Тяжелые металлы у *Speake to me* располагаются в ряду: Ca>Fe>Mn>Sr>Zn>Cu>Pb>Ni>Co, *Regal Air*: Ca>Fe>Mn>Sr>Zn>Cu>Ni>Pb>Co, исключение в порядке элементов составляют Pb и Ni, которые выше у первого сорта по сравнению со вторым.

4. Установлено, что по содержанию элементов в почве на опытных площадках тяжелые металлы располагаются в следующем порядке: Fe>Ca>Mn>Sr>Pb>Zn>Co>Ni>Cu. По величине содержания данных металлов наиболее неблагоприятным в экологическом отношении является район Новосибирской ГЭС (левый берег) в

окрестностях Опытного завода и районе Шлюз (правый берег), далее опытная площадка в районе завода ЖБИ и Наугограда Кольцово и затем площадки в г. Бердске.

Литература

1. Авессаломова И.А. Геохимические показатели при изучении ландшафтов: учеб.-метод. пособие. – М.: Наука, 1987. – 108 с.
2. Алексеев Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
3. Арнаутков Н.А. Стандартные образцы химического состава природных минеральных веществ: метод. рекомендации. – Новосибирск: Наука, 1990. – 220 с.
4. Дарьин А.В., Ракшун Я.В. Методика выполнения измерений при определении элементного состава образцов горных пород методом рентгенофлуоресцентного анализа с использованием синхротронного излучения из накопителя ВЭПП-3 // Научный вестник НГТУ. – 2013. – № 2(51). – С. 112–118.
5. Матвеев Н.М., Павловский В.А., Прохорова Н.В. Экологические основы аккумуляции тяжелых металлов сельскохозяйственными растениями в лесостепном и степном Поволжье. – Самара: Изд-во СУ, 1997. – 220 с.
6. Седельникова Л.Л., Чанкина О.В., Седельникова А.А. Элементный состав *Hemerocallis hybrida* в промышленных зонах окрестностей Новосибирска // Проблемы промышленной ботаники в индустриально развитых регионах: мат-лы IV Междунар. конф. – Кемерово, 2015. – С. 131–134.
7. Baryshev V.B., Kulipanov G.N., Skrinisky A.N. Handbook of Synchrotron Radiation. – Amsterdam: Elsevier, 1991. – Vol. 3. – P. 639.

8. URL: <http://ssrc.inp.nsk.su/CKP/stations/passport/3/> (дата обращения: 22 декабря 2015 г.).

Literatura

1. Avessalomova I.A. Geokhimicheskie pokazateli pri izuchenii landshaftov: ucheb.-metod. posobie. – M.: Nauka, 1987. – 108 s.
2. Alekseev Yu.V. Tyazhelye metally v pochvakh i rasteniyakh. – L.: Agropromizdat, 1987. – 142 s.
3. Arnautov N.A. Standartnye obraztsy khimicheskogo sostava prirodnykh mineral'nykh veshchestv: metod. rekomendatsii. – Novosibirsk: Nauka, 1990. – 220 s.
4. Dar'in A.V., Rakshun Ya.V. Metodika vypolneniya izmerenij pri opredelenii ehlementnogo sostava obraztsov gornykh porod metodom rentgenofluorescentnogo analiza s ispol'zovaniem sinkhrotronnogo izlucheniya iz nakopitelya VEHP-3 // Nauchnyj vestnik NGTU. – 2013. – № 2(51). – С. 112–118.
5. Matveev N.M., Pavlovskij V.A., Prokhorova N.V. Ehkologicheskie osnovy akkumulyatsii tyazhelykh metallov sel'skokhozyajstvennymi rasteniyami v lesostepnom i stepnom Povolzh'e. – Samara: Izd-vo SU, 1997. – 220 s.
6. Sedel'nikova L.L., Chankina O.V., Sedel'nikova A.A. Ehlementnyj sostav *Hemerocallis hybrida* v promyshlennykh zonakh okrestnostej Novosibirska // Problemy promyshlennoj botaniki v industrial'no razvitykh regionakh: mat-ly IV Mezhdunar. konf. – Kemerovo, 2015. – S. 131–134.
7. Baryshev V.B., Kulipanov G.N., Skrinisky A.N. Handbook of Synchrotron Radiation. – Amsterdam: Elsevier, 1991. – Vol. 3. – P. 639.
8. URL: <http://ssrc.inp.nsk.su/CKP/stations/passport/3/> (data obrashheniya: 22 dekabrya 2015 g.).

УДК 628

Г.В. Сакаш, А.Ф. Колова, Т.Я. Пазенко

К ВОПРОСУ АЦИДОФИКАЦИИ ОСАДКА ПЕРВИЧНЫХ ОТСТОЙНИКОВ СТАНЦИЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ

G.V. Sakash, A.F. Kolova, T.Y. Pazenko

TO THE QUESTION OF ACIDIFICATION OF PRIMARY SEDIMENTATION SLUDGE IN TANKS OF SEWAGE TREATMENT STATIONS IN POPULATED AREAS

В хозяйственно-бытовой сточной воде фосфор встречается в виде ортофосфатов, полифосфатов и фосфорсодержащих органи-

ческих соединений. Для удаления фосфора из сточных вод могут быть использованы как биологические, так и физико-химические ме-