

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ POTENTILLA BIFURCA L. КАК ВОЗМОЖНОГО ИНДИКАТОРА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ПРОМЫШЛЕННЫХ РЕГИОНАХ

USING POTENTILLA BIFURCA L. AS A POSSIBLE INDICATOR OF POLLUTION IN INDUSTRIAL REGIONS

Yu. Kanibolotskaya

Summary. Due to the significant impact of anthropogenic factors on the environment in man-made regions, *Potentilla bifurca* L. is considered as an indicator of pollution of industrial areas by some heavy metals (Ti, Mn, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb and Sr). Their content in plant (*P. bifurca*) and soil samples selected in the suburbs of Pavlodar and Aksu (Pavlodar region, Kazakhstan) at various distances from existing industrial enterprises was analyzed; geobotanical studies have also been carried out. It was found that Zn and Cr accumulate in *P. bifurca* more actively than Sr and Mn, and Ni, Pb, Cu, Ti, Fe — in rather small quantities. There is no obvious negative effect on *Potentilla bifurca* of high concentrations of these metals. In this regard, *Potentilla bifurca*'s accumulation capacity, for example, Zn and Cr, can be used (taking into account various factors) to determine the presence of environmental pollution in man-made regions, in particular in areas where metallurgical plants are located.

Keywords: heavy metals in soil, heavy metals in vegetation, *Potentilla bifurca* L., biological absorption coefficient, hazard coefficient; Digression-active species, pollution indicator.

Каниболоцкая Юлия Михайловна

К.б.н., доцент, Сибирский университет
потребительской кооперации (г. Новосибирск)
yu_leonova@mail.ru

Аннотация. В связи со значительным воздействием антропогенных факторов на окружающую среду в техногенных регионах рассматривается возможность использования *Potentilla bifurca* L. в качестве индикатора загрязнения промышленных территорий некоторыми тяжелыми металлами (Ti, Mn, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb и Sr). Проанализировано их содержание в растительных (*P. bifurca*) и почвенных пробах, отобранных в пригородах городов Павлодара и Аксу (Павлодарская область, Казахстан) на различных расстояниях от действующих промышленных предприятий; проведены и геоботанические исследования. Выявлено, что Zn и Cr накапливаются в *P. bifurca* более активно, чем Sr и Mn, а Ni, Pb, Cu, Ti, Fe — в довольно незначительных количествах. Очевидного негативного эффекта от воздействия на *P. bifurca* высоких концентраций этих металлов не наблюдается. В связи с этим способность лапчатки вильчатой к аккумуляции, например, Zn и Cr можно использовать (с учетом действия различных факторов) для определения наличия загрязнения среды в техногенных регионах, в частности, в районах расположения металлургических предприятий.

Ключевые слова: тяжелые металлы в почве, тяжелые металлы в растениях, лапчатка вильчатая, *Potentilla bifurca*, коэффициент биологического поглощения, коэффициент опасности, дигрессионно-активные виды, индикатор загрязнения.

Введение

В настоящее время одной из важнейших задач как для России, так и для других стран мира является решение экологических проблем, формировавшихся и накапливавшихся со второй половины XX века, в процессе осуществления активного природопользования и развития промышленности. На данный момент необходимо хотя бы не допускать разрастания и углубления этих проблем, поскольку решить их полностью мы, к сожалению, не в состоянии. По крайней мере, на современном этапе развития науки, техники и технологий.

При упоминании об экологических проблемах в основном говорят о загрязнении окружающей среды, поскольку этот аспект напрямую касается населения Земли, его здоровья и благополучия. Загрязнение же среды обуславливается нашим стремлением жить лучше, поль-

зоваться всеми благами цивилизации, что подразумевает функционирование многочисленных промышленных объектов, которые и обеспечивают создание привычного для нас комфорта и удобства (напрямую — обеспечением подачи электроэнергии в наши дома, либо же в процессе производства привычных нам вещей).

Так, например, среди крупных индустриальных центров Казахстана город Павлодар, в промзонах которого — Павлодарский алюминиевый (АО «Алюминий Казахстана»), Казахстанский электролизный (КЭЗ) и нефтехимический (ПНХЗ) заводы, ТЭЦ-1,2,3, Аксуский завод ферросплавов (АО ТНК Казхром), Аксуская электростанция (АО ЕЭК — Евразийская Энергетическая Корпорация), ПФ ТОО Кастинг — переплавка стали и АО Каустик (на базе ранее существовавших тракторного и химического заводов) и многие другие предприятия, является одним из самых загрязненных (Панин, 2002) [1].

Для определения состояния окружающей среды в таких — техногенных — регионах достаточно простым и действенным методом может стать использование живых организмов, «умеющих» жить на загрязненных территориях без потери жизнеспособности. Причем растения в этом случае более предпочтительны, поскольку они не покидают места своего обитания, как это характерно для животных либо насекомых. Используя растительные организмы в качестве индикаторов, мы можем понимать, насколько насыщена та или иная территория, допустим, тяжелыми металлами. Возможность же проводить сопоставление и анализ содержания поллютантов в нескольких средах, в нашем случае — в почве и растениях, дает для выявления «состояния здоровья» окружающей среды много больше, чем контроль аккумуляции загрязнителей, например, только почвой, т.к. появляется возможность делать более обоснованные выводы о состоянии территории.

Вопросами поглощения и накопления тяжелых металлов (ТМ) растениями занимаются ученые разных стран [2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12]. В основном в таких исследованиях изучается древесно-кустарниковая растительность, гораздо меньше работ, где в качестве индикаторов загрязнения среды выступали бы травы, и оценивалась трансформация растительного покрова регионов в результате влияния на него всего комплекса антропогенных факторов. Поэтому мы рассматриваем и состояние растительного покрова территорий, находящихся в зоне действия промышленных предприятий (энергетики, черной и цветной металлургии, нефтехимической промышленности) [13,14,15], и отдельные виды растений (доминанты или субдоминанты) в качестве возможных аккумуляторов поллютантов. Так, в Павлодарской области *Potentilla bifurca* L. часто является субдоминантом в растительных сообществах (дигрессионно-активный вид; несколько десятков лет назад, в отсутствие интенсивного антропогенного воздействия, в регионе она почти не встречалась). К тому же, *P. bifurca* достаточно стойко переносит воздействие механических антропогенных факторов, в частности — выпаса, активно здесь осуществляемого.

Цель работы

Изучить возможность использования *Potentilla bifurca* L. (лапчатки вильчатой) в качестве индикатора загрязнения окружающей среды в промышленных регионах.

Объекты и методы

С 2006 по 2016 год мы исследовали состояние растительного покрова нескольких районов Павлодарской области (Казахстан). Обследовано более 50 участков, вы-

бранных на разных расстояниях (1–3–5–10–20–50 км — на север, юг, восток и запад) от промзон городов Павлодара и Аксу, с учетом розы ветров и транспортной либо пешей доступности, согласно стандартным методическим рекомендациям [16,17]. Пробы для химических анализов отбирались в 2006, 2011, 2013, 2015–2016 годах. Почву брали из слоев 0–5 см и 10–15 см (в первом случае выявляли текущее, а во втором — многолетнее загрязнение). Точки отбора проб приурочены к преобладающим растительным сообществам, в которых проводились детальные геоботанические описания (с использованием классических методов геоботаники) [18].

Определение содержания элементов в почве и растениях осуществлялось методом рентгенофлуоресцентного анализа (для почвы — с отжигом, для растений — с предварительным озолением) на РФА-спектрометре «Спектроскан GF-1Е» (Россия, 2000г/в). Пробы анализировали в лаборатории Физико-технического института МОиН РК (поселок Алатау, Алма-атинская область, Казахстан). Сопоставление предельно-допустимых концентраций элементов в почве устанавливалось согласно нормативам предельно допустимых концентраций (ПДК) [19,20,21], концентрации железа в почве сравнивали с содержанием его на условно-фоновом участке.

Для почвенных проб был рассчитан коэффициент опасности K_o , демонстрирующий концентрацию металла в почве в долях ПДК. коэффициент опасности определяли по формуле [22]:

$$K_o = \frac{c}{\text{пдк}},$$

где: C — фактический уровень содержания рассматриваемого элемента в почве, ПДК — предельно допустимые концентрации данного элемента в почве.

Для выявления уровня аккумуляции растениями поллютантов мы использовали *P. bifurca*, так как фитоценозы с ее участием имеют широкое распространение не только на территории наших исследований, но и во многих других регионах. В частности, этот вид лапчатки произрастает и в Новосибирской области — в качестве компонента аборигенной флоры — например, по границе с Павлодарской областью, и сорного (дигрессионно-активного) вида.

Для выявления уровня перехода тяжелых металлов из почвы в растения определяли коэффициент биологического поглощения (КБП) A_x по формуле [23]:

$$A_x = \frac{l_x}{n_x},$$

где l_x — содержание элемента x в золе растения, n_x — содержание того же элемента в почве. Рассчиты-



Рис. 1. Относительные концентрации Cr в почве (K_{Cr}) и растениях (A_{Cr} *Potentilla bifurca*)



Рис. 2. Относительные концентрации Zn в почве (K_{Zn}) и растениях (A_{Zn} *Potentilla bifurca*)

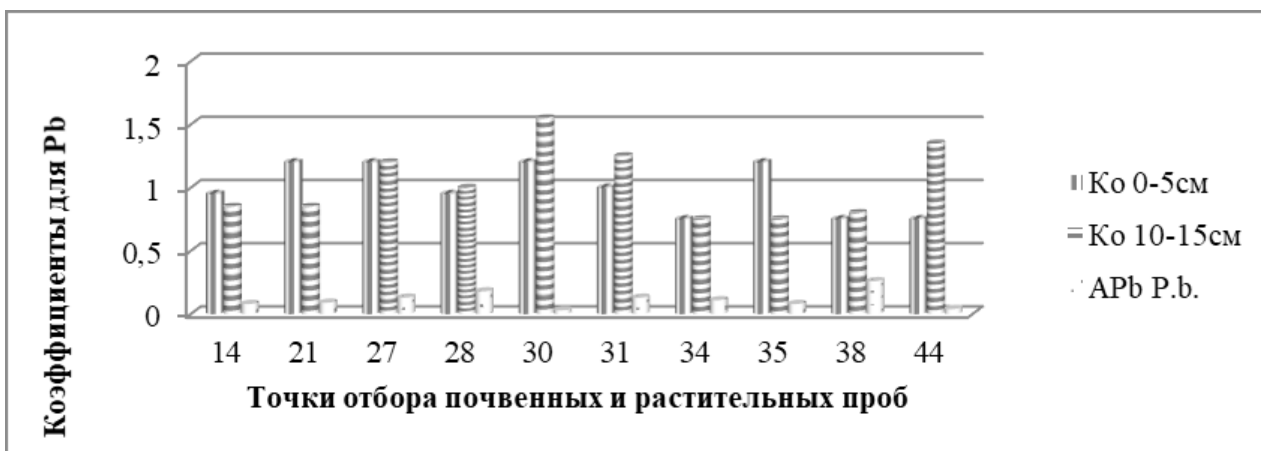


Рис. 3. Относительные концентрации Pb в почве (K_{Pb}) и растениях (A_{Pb} *Potentilla bifurca*)

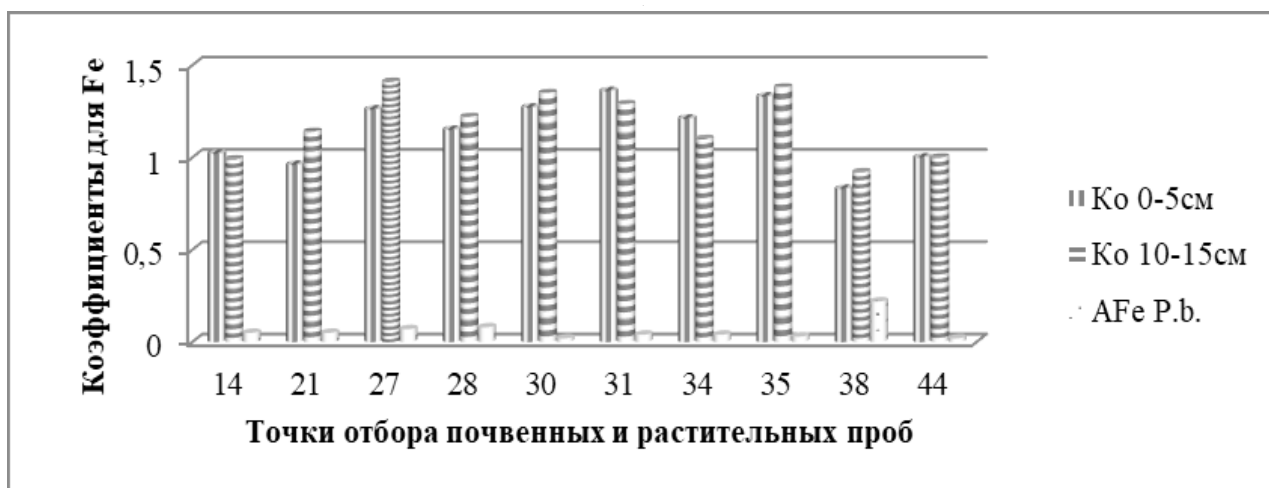


Рис. 4. Относительные концентрации Fe в почве (K_0) и растениях (A_{Fe} *Potentilla bifurca*)

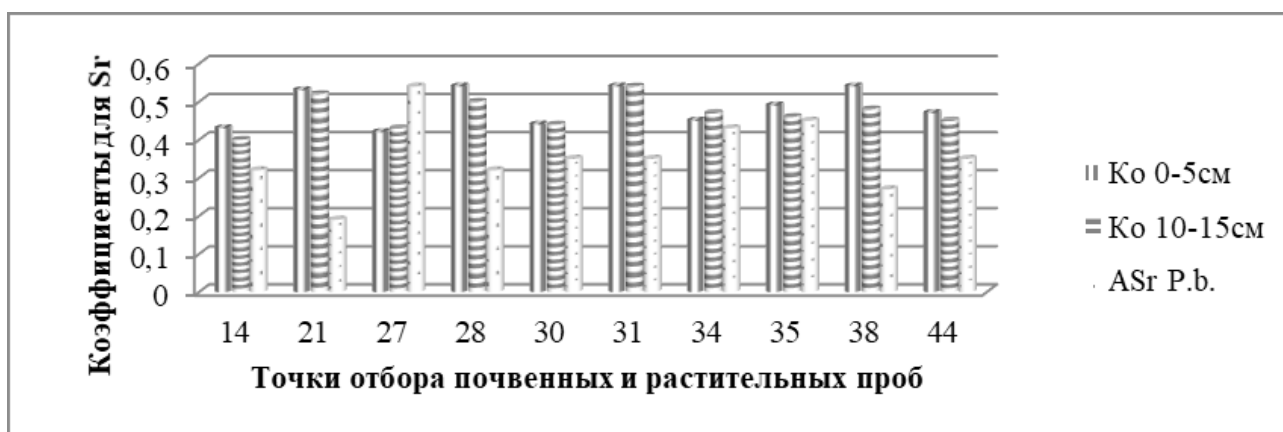


Рис. 5. Относительные концентрации Sr в почве (K_0) и растениях (A_{Sr} *Potentilla bifurca*)



Рис. 6. Относительные концентрации Ni в почве (K_0) и растениях (A_{Ni} *Potentilla bifurca*)

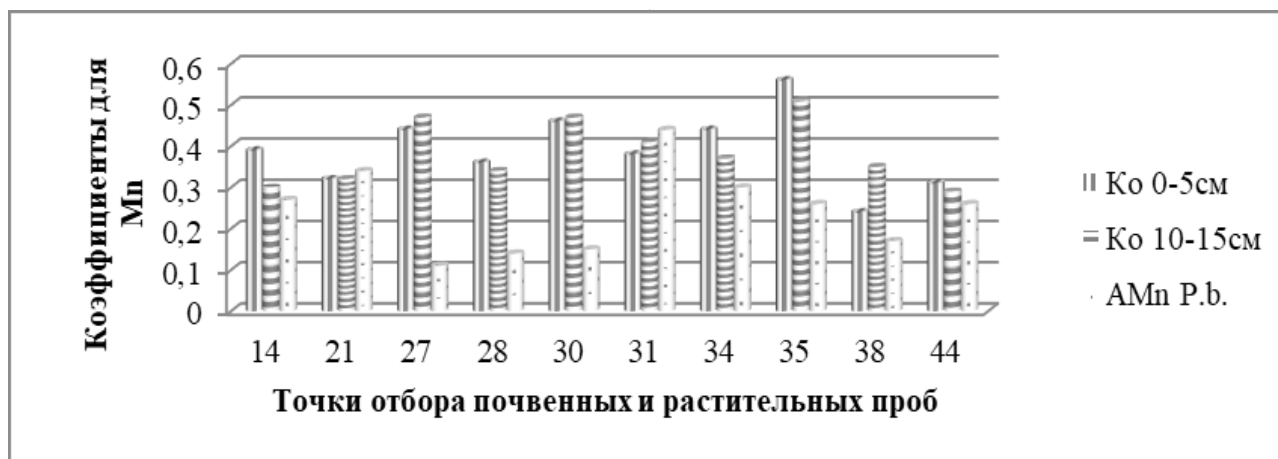


Рис. 7. Относительные концентрации Mn в почве (K_M) и растениях (A_{Mn} *Potentilla bifurca*)

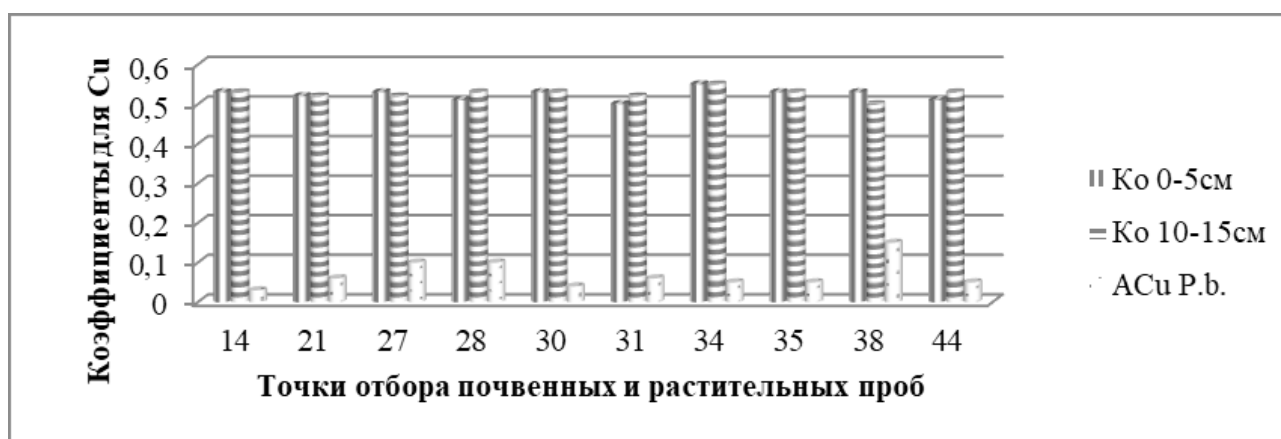


Рис. 8. Относительные концентрации Cu в почве (K_C) и растениях (A_{Cu} *Potentilla bifurca*)

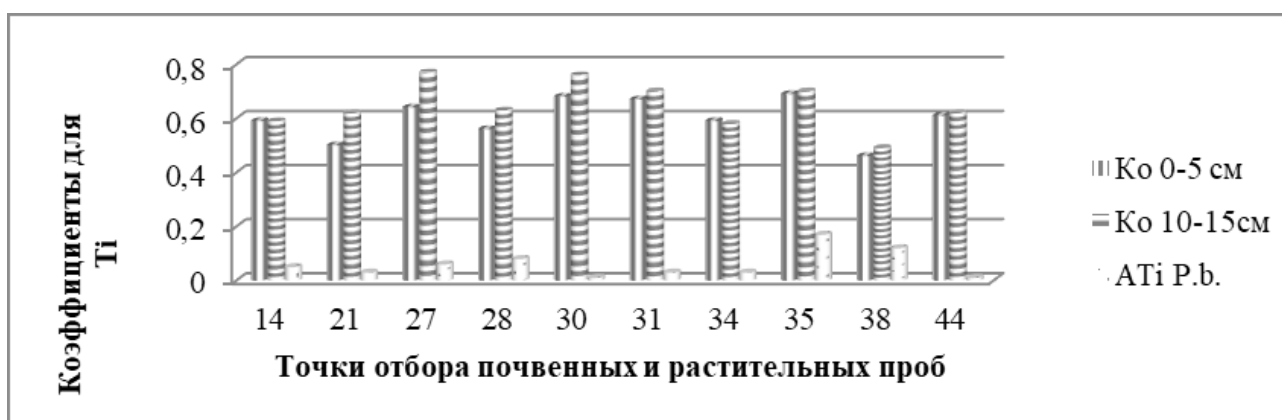


Рис. 9. Относительные концентрации Ti в почве (K_T) и растениях (A_{Ti} *Potentilla bifurca*)

вали среднее значение содержания каждого металла в почве для каждой пары проб (в слое 0–5 см и 10–15 см).

Результаты и обсуждение

В диаграммах (рис. 1–9) представлены коэффициент опасности K_o (для Ti, Mn, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb и Sr в почве, в каждом из рассмотренных слоев) и коэффициент биологического поглощения A_x тех же металлов *P. bifurca* (приведены точки, для которых проанализированы содержания ТМ и в почвенных пробах, и в образцах лапчатки вильчатой) для сравнения аккумуляции ими поллютантов.

Участки отбора почвенных и растительных проб, обозначенные на рисунках 1–9: т14–2 км к северу от ТЭЦ-3, 1 км на с–в от ПНХЗ, 7,5 км к северу от ПФ ТОО Кастинг; т21–3,6 км на запад от ТЭЦ-3 и ПНХЗ, 6 км к с–з от ПФ ТОО Кастинг; т27–5 км к северу от АО ТНК Казхром, 3 км к северу от АО ЕЭК, 20 км к западу от АО АК; т28–3 км к северу от АО ТНК Казхром, 1 км к северу от АО ЕЭК, 20 км к западу от АО АК; т30–1,5 км к северу от АО ТНК Казхром, 1 км к югу от АО ЕЭК; т31–0,5 км к востоку АО ТНК Казхром, 2,5 км к югу от АО ЕЭК; т34–8 км к югу от АО ТНК Казхром, 10 км к югу от АО ЕЭК; т35–25 км к югу от АО ТНК Казхром, 27 км к югу от АО ЕЭК; т38–5 км южнее АО АК; условно-фоновая точка т44–50 км к северу от Павлодара, 40 км к северу от ПНХЗ, 46 км на север от ПФ ТОО Кастинг.

Для Cr максимумы содержания металла в почвенных и растительных пробах отмечаются в т31, несколько менее — в т27 и т30; среднее значение коэффициента биологического поглощения (КБП) A_{Cr} составляет 1,1 (максимальное значение — 8,34, минимальное — 0,08), что означает достаточно высокую способность *Potentilla bifurca* накапливать данный элемент. Содержание этого поллютанта велико и в большей части почвенных проб (максимум — 10,44, минимум — 0,96 ПДК).

Для Zn также есть точки совпадений максимальных/повышенных значений рассматриваемых коэффициентов и для почвы, и для растений — т31 и т34, но при этом в почве содержание металла — чуть более 0,6 ПДК, тогда как в растениях среднее значение A_{Zn} составляет 1,3, что свидетельствует о высокой аккумуляционной способности *P. bifurca* в отношении и этого поллютанта (максимум $A_{Zn} = 3,41$).

Концентрации Pb в почве — 0,75–1,55 ПДК (максимум — в т30, т27). При этом для лапчатки коэффициент биологического поглощения невысок (средний A_{Pb} равен 0,11, максимальное значение — в т38), т.е. для Pb совпадений точек с высокими/низкими концентрациями в почве и растениях не отмечается, *P. bifurca* этот элемент аккумулирует слабо.

Fe — содержание в почве ниже фоновых только в т38, в остальных — равны концентрациям в т44 или превышают их; в растениях по сравнению с ними — весьма малы (средний A_{Fe} равен 0,06); и этот металл *P. bifurca* аккумулирует незначительно, совпадений в точках с наибольшими / наименьшими концентрациями также не обнаружено.

Sr — содержание в почве не слишком значительно (около 0,55 ПДК), при этом в растениях среднее значение A_{Sr} составляет 0,36 (что выше, чем аналогичный показатель для Mn, Ni, Pb, Cu, и особенно — Fe и Ti). То есть аккумулировать стронций *P. bifurca* способна, но при этом точек совпадений минимальных или максимальных концентраций элемента для растительных и почвенных проб не отмечается.

Содержание Ni в почве выше (от 0,53 до 0,82 ПДК), чем в растениях — коэффициент биологического поглощения составляет от 0,06 до 0,37, среднее значение A_{Ni} невелико — 0,13, но совпадают наибольшая (в т31) и одна из меньших (в т44) концентраций поллютанта в почве и растительных пробах. Все же *P. bifurca* аккумулирует этот металл слабо.

Mn — и в почве (от 0,3 до 0,56 ПДК), и в образцах лапчатки вильчатой концентрируется не слишком активно (среднее A_{Mn} составляет 0,24), совпадений минимума / максимума содержания этого элемента в одних точках в почве и в растениях мы не отмечаем.

Концентрации Cu в почве находятся в пределах от 0,5 до 0,55 ПДК, в растениях содержания этого металла очень малы (среднее $A_{Cu} = 0,07$, что чуть выше, чем для Fe и Ti).

Для Ti коэффициент опасности перехода его из почвы в растения — примерно на уровне Ni (от 0,46 до 0,77 ПДК); среднее значение КБП *P. bifurca* этого элемента составляет 0,06 и так же, как и среднее значение КБП для Fe, является самым невысоким из всех рассмотренных нами металлов; совпадений в точках минимума/максимума концентраций Fe для проб почв и растений нами не выявлено.

Высокие значения A_{Zn} показаны в 6 из 10 рассмотренных нами точек (т14, т34, т31, т21, т27, т35), для A_{Cr} — в 3 из 10 (т31, т34 и т27), совпадения высоких концентраций, таким образом, наблюдаются в точках т27, т31, т34; при этом значения КБП выше 1 для Cr — в диапазоне от 1,28 до 8,34, а для Zn — от 1,03 до 3,41. Среднее значение КБП выше для Zn, чем для Cr (1,3 и 1,1 соответственно). Также среднее значение КБП выше для Sr (0,36) и Mn (0,24), чем для остальных металлов.

Чаще всего максимальный/очень высокий уровень (среди рассматриваемых нами концентраций) содержания в образцах растений и почв анализируемых элементов показан для т31 (Cr, Zn, Pb и Ni). Mn — только в растительных пробах; Fe, Ti и Sr — в почвенных. Для т38 — Cu, Ti и Fe в лапчатке. Для т30 — Cr, Pb, Zn, Fe, Ti, Ni, Mn в почве.

Невысокие концентрации Ni в образцах и растений, и почв отмечены в т44, Cr — в т14; для остальных поллютантов совпадений концентраций в системе «почва — растение» нет. Наименьшие (или одни из минимальных среди наших проб) уровни Cr, Zn, Pb, Fe, Ni в лапчатке — в т44; в т30 — Zn, Pb, Fe, Ti, Ni. В почвенных образцах минимумы концентраций Zn, Pb, Fe, Ti, Ni — в т38; в т14 — Cr, Sr, Ni.

В рассмотренных слоях почвы загрязняющие вещества распределяются следующим образом: в 48% случаев K_o , а, значит, и концентрация металла в почвенной пробе выше в слое 10–15 см; в 40% случаев — в слое 0–5 см, и в 12% — концентрации в слоях одинаковы. В техногенных территориях (без учета типа почв), максимальные концентрации поллютантов, поступающих от ТЭЦ и предприятий металлургии, отмечаются в верхнем почвенном горизонте (до 10–20 см), контактирующем с приземным слоем атмосферы [24,25,1,26]. Этому способствует подщелачивание среды за счет ингредиентов, присутствующих в выбросах [27].

Меньшие значения поглощения *P. bifurca* поллютантов отмечаются в основном 50 км к северу от Павлодара (40 км к северу от ПНХЗ, 46 км на север от ПФ ТОО Кастинг) — для Cr, Zn, Pb, Fe, Ni; в 1,5 км к северу от АО ТНК Казхром (1 км к югу от АО ЕЭК) — для Zn, Pb, Fe, Ti, Ni; K_o в почве — в основном — в 5 км южнее АО АК (Zn, Pb, Fe, Ti, Ni) и в 2 км к северу от ТЭЦ-3 (1 км на с-в от ПНХЗ, 7,5 км к северу от ПФ ТОО Кастинг) — Cr, Sr, Ni. То есть точек совпадений минимальных значений K_o и A_x практически нет.

Наибольшие значения коэффициента биологического поглощения отмечаются в 0,5 км к востоку АО ТНК Казхром (2,5 км к югу от АО ЕЭК) для Cr, Zn, Pb и Ni — и в *P. bifurca*, и коэффициента опасности K_o в почве. Там же — для Mn — только в *P. bifurca*; для Fe, Sr и Ti — только K_o в почве. В 5 км южнее АО АК — для Cu, Ti и Fe в *P. bifurca* (там же — минимумы K_o в почве для Zn, Pb, Fe, Ti, Ni). В 1,5 км к северу от АО ТНК Казхром (1 км

к югу от АО ЕЭК) — для K_o , Cr, Zn, Pb, Fe, Ti, Mn, Ni в почве (там же — минимумы КБП Zn, Pb, Fe, Ti, Ni *P. bifurca*).

Заключение

Высокие значения коэффициента опасности загрязнения почв металлами K_o отмечаются на расстоянии до 5 км от промзон. Наибольшие значения коэффициента биологического поглощения A_x *P. bifurca* Cr, Zn, Pb, Ni, а также Cu, Ti и Fe показаны на участках в 0,5–5 км от действующих предприятий. Распространение поллютантов соответствует направлению преобладающих ветров, в основном снижаясь с увеличением расстояния от источников загрязнения.

Zn и Cr накапливаются в *P. bifurca* более активно, чем Sr и Mn, а Ni, Pb, Cu, Ti, Fe — в довольно незначительных количествах. Так, среднее значение A_{Cr} составляет 1,1 (максимальное — 8,34, минимальное — 0,08); среднее значение $A_{Zn} = 1,3$ (максимум — 3,41, минимум — 0,47). При этом очевидного эффекта от воздействия на лапчатку высоких концентраций этих металлов не наблюдается (вероятно, есть какие-то изменения на уровне анатомии, но этот аспект нами не исследовался). Отмечены металлы, которые почти не накапливаются в растительных организмах даже при их значительном содержании в почве (Pb: при среднем K_o в почве, равном 1, среднее значение A_{Pb} *P. bifurca* составляет всего 0,11).

Potentilla bifurca, как вид дигрессионно-активный, в техногенных регионах часто становится субдоминантом вторичных растительных сообществ, хотя в естественных фитоценозах этих территорий она практически не встречалась. Способность лапчатки вильчатой к аккумуляции Zn и Cr можно использовать для определения наличия загрязнения среды в техногенных регионах, в частности, в районах расположения металлургических предприятий. При этом необходимо учитывать возраст растений, расстояние от источника выброса загрязняющих веществ, погодные условия, особенности нанорельефа.

Результаты

наших исследований могут быть использованы при изучении состояния окружающей среды регионов Казахстана, России и других стран при совпадении условий и факторов воздействия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Панин М. С. Химическая экология / [Ред. С. Е. Кудайбергенова]. — Семипалатинск: СГУ им. Шакарима, 2002. — 852 с.
2. Ворихина Н. М. Аккумуляция тяжелых металлов почвами и растениями под воздействием природных и техногенных факторов в районе угольного месторождения «Каражыра» (Республика Казахстан, Восточно-Казахстанская область): автореферат дис. ... канд. биол. наук. — Самара, 1998. — 24 с.

3. Панин М. С. Аккумуляция тяжелых металлов растениями Семипалатинского Прииртышья. — Семипалатинск: ГУ «Семей», 1999. — 309 с.
4. Султанова Б. М. Антропогенная трансформация растительности Семипалатинского испытательного полигона: дис. . . . канд. биол. наук: спец. 03.00.05 Ботаника. — Алматы, Институт ботаники и фитоинтродукции, 2000. — 250 с.
5. Бигалиев А.Б., Шаймарданова Б. Х. Городская растительность в качестве биоиндикаторов техногенной нагрузки // Вестник КазНУ им. Аль Фараби. Серия экологическая. — 2005. — № 1 (16). — С. 20–25.
6. Демич Ю. А. Содержание тяжелых металлов в объектах окружающей среды и состояние растительных популяций // Вестник Самарского государственного университета. Естественнонаучная серия. — 2006. № 7 (47). — С. 45–53.
7. Копылова Л. В. Накопление тяжелых металлов в древесных растениях на урбанизированных территориях Восточного Забайкалья: автореферат дис. . . . канд. биол. наук: 03.02.08. — Улан-Удэ, 2012. — 24 с.
8. Корельская Т.А., Попова Л. Ф. Тяжелые металлы в почвенно-растительном покрове селитебного ландшафта города Архангельска // Арктика и север. — 2012. — № 7. — С. 1–17.
9. Гашкова Л.П., Иванова Е. С. Аккумуляция тяжелых металлов в растениях-доминантах антропогенно-нарушенных участков болот на территории Томской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2014. — Том 16, № 1 (3). — С. 732–735.
10. Каротеева Е.В., Веселкин Д. В., Куянцева Н. Б. и др. Накопление тяжелых металлов в разных органах березы повислой возле Карабашского медеплавильного комбината // Агрехимия. — 2015. — № 3. — С. 88–96.
11. Хачатрян Л.Р., Нерсисян Г. С., Григорян М. А. О концентрации тяжелых металлов в листьях вяза малого, произрастающего на территории г. Еревана // Антропогенная трансформация природной среды. — Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2016. — № 2. — С. 250–254.
12. Ташекова А.Ж., Торопов А. С. Использование листьев растений как биогеохимических индикаторов состояния городской среды // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. — 2017. — Т. 328, № 5. — С. 114–124.
13. Леонова Ю. М. Антропогенная трансформация растительности в зоне влияния промышленных объектов г. Павлодара: дис. . . . канд. биол. наук: спец. 03.00.05 Ботаника. — Алматы: Институт ботаники и фитоинтродукции, 2010. — 157 с.
14. Козыренко М.А., Каниболоцкая Ю. М. Тяжелые металлы в почве и растениях // XII Сатпаевские чтения: Матер. междунар. науч. конф. (Павлодар, 12 апреля 2012 г.). — Павлодар, 2012. — С. 182–185.
15. Берикова А.Т., Каниболоцкая Ю. М. Антропогенная трансформация растительного покрова в зоне воздействия АО «ЕЭК» и АО «ТНК «Казхром» // IX Торайгыровские чтения: Матер. междунар. науч. конф. (Павлодар, 10 октября 2017 г.). — Павлодар, 2017. — С. 75–78.
16. Биогеохимические и геоботанические исследования. — Л.: Недра, 1972. — 280 с.
17. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв при контроле загрязнения окружающей среды металлами. — М.: Гидрометеиздат, 1981. — 109 с.
18. Полевая геоботаника в 4-х томах / [Ред. Е. М. Лавренко и А. А. Корчагин]. — М. — Л.: Наука, 1959–1972. — 1805 с.
19. Kloke A. Richwerte 80. Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden // Mitteilungen VDLUFA. — 1980. — Н. 1–3. — Р. 9–12.
20. Научно-методические указания по мониторингу земель Республики Казахстан. — Алматы: Галым, 1993. — 108с.
21. Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве. Сан и П, № 2546–82 от 13.05.83.
22. Руководство по санитарно-химическому исследованию почвы (нормативные материалы). — М.: ЦНИИ Электроника, 1993. — 129 с.
23. Перельман А. И. Геохимия ландшафта. — М.: Географгиз, 1961. — С. 23–481.
24. Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе «почва-растение». — Новосибирск: Наука. Сиб. отделение, 1991. — 151 с.
25. Мудрый И. В. Тяжелые металлы в системе «почва — растения — человек» // Гигиена и санитария. — 1997. — № 1. — С. 14–17.
26. Лузгин Б. Н. Загрязнение почв металлами (на примере Алтайского региона) // География и природные ресурсы. — 2004. — № 3. — С. 151–154.
27. Сает Ю.Е., Ревич Б. А., Смирнова Р. С. и др. Город как техногенный субрегион биосферы // Труды биогеохимической лаборатории. — М.: Наука, 1985. — Т. 20. — С. 133–165.

© Каниболоцкая Юлия Михайловна (yu_leonova@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»