

DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-1-24-39

Ю.М. Каниболоцкая

Сибирский университет потребительской кооперации,
630087, г. Новосибирск, Россия

Возможность использования *Artemisia austriaca* Jacq. в качестве индикатора загрязнения окружающей среды некоторыми тяжелыми металлами

В связи с усилением негативного воздействия антропогенных факторов на состояние окружающей среды в техногенных регионах рассматривается возможность использования *Artemisia austriaca* Jacq. в качестве индикатора загрязнения промышленных территорий некоторыми тяжелыми металлами. Для достижения цели исследования анализируется содержание титана, марганца, хрома, железа, никеля, меди, цинка, свинца и стронция в растительных (*A. austriaca*) и почвенных пробах, отобранных в пригородах городов Павлодар и Аксу (Павлодарская область, Республика Казахстан) на различных расстояниях от действующих промышленных предприятий с применением общепринятых методик. Также проведены геоботанические исследования (с использованием классических методов). *A. austriaca*, являясь дигрессионно-активным видом, в условиях антропогенного воздействия часто становится доминантом или субдоминантом в растительных сообществах (в регионах, где исторически она была представлена в незначительном обилии). В связи с этим ее способность к аккумуляции некоторых тяжелых металлов (согласно результатам наших исследований – цинка и хрома) можно использовать (с учетом расстояния от источника эмиссий, возраста растений, особенностей нанорельефа

и погодных условий) для определения наличия загрязнения промышленных (или прилегающих к ним) территорий, особенно в районах действия металлургических предприятий.

Ключевые слова: тяжелые металлы в почве, тяжелые металлы в растительности, полынь австрийская (*Artemisia austriaca* Jacq.), коэффициент биологического поглощения, коэффициент опасности, дигрессионно-активные виды растений, индикатор загрязнения

Для ЦИТИРОВАНИЯ: Каниболоцкая Ю.М. Возможность использования *Artemisia austriaca* Jacq. в качестве индикатора загрязнения окружающей среды некоторыми тяжелыми металлами // Социально-экологические технологии. 2020. Т. 10. № 1. С. 24–39. DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-1-24-39

Original research

DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-1-24-39

Yu.M. Kanibolotskaya

Siberian University of Consumer Cooperation,
Novosibirsk, 630087, Russian Federation

Possibility of use *Artemisia austriaca* Jacq. as an indicator of environmental pollution by certain heavy metals

Due to the increasing negative impact of anthropogenic factors on the state of the environment in man-made regions, the possibility of using *Artemisia austriaca* Jacq. as an indicator of contamination of industrial areas by some heavy metals and transformation of plant communities under the influence of human activities is being considered. In order to achieve the objective of the study, the content of heavy metals (Ti, Mn, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Pb, Sr); in plant metals (*A. austriaca*) and soil samples selected in the suburbs of Pavlodar and Aksu (Pavlodar region, Kazakhstan) is analyzed at different distances from existing industrial enterprises. Geobotanic studies have also been carried out (using classical methods). *A. austriaca*, being a digressive-active species, under human-induced conditions often becomes a dominant or subdominant in plant communities (in regions where it has historically

been represented in little abundance). Therefore, its capacity to accumulate some heavy metals (according to our research results – Zn and Cr) can be used (taking into account the distance from the source of emissions, age of plants, features of nanorelief and weather conditions) to determine the presence of contamination of industrial (or adjacent) areas, especially in areas of operation of metallurgical enterprises.

Key words: Heavy metals in soil, heavy metals in vegetation, biological absorption coefficient, *Artemisia austriaca* Jacq., hazard coefficient, digression-active plant species, pollution indicator

FOR CITATION: Kanibolotskaya Yu.M. Possibility of use *Artemisia austriaca* Jacq. as an indicator of environmental pollution by certain heavy metals. *Environment and Human: Ecological Studies*. 2020. Vol. 10. № 1. Pp. 24–39. (In Russ.) DOI: 10.31862/2500-2961-2020-10-1-24-39

Введение

Загрязнение окружающей среды является одной из глобальных экологических проблем современности. Для ее решения принимаются различные меры, в том числе проводятся мониторинговые исследования состояния различных сред, в частности – почвы и растительного покрова. Актуальным является также выявление растений, которые могут аккумулировать загрязняющие вещества, например – тяжелые металлы.

В окружающую среду они поступают в основном путем техногенного рассеяния, что влечет за собой загрязнение среды и изменение химического состава почв и растений. Это может негативно сказаться на экосистемах, биоразнообразии растительного покрова территорий, а также на участниках пищевой цепи, которые будут получать поллютанты из загрязненного растительного сырья. В то же время способность растений аккумулировать некоторые компоненты выбросов промышленных предприятий может быть использована для определения уровня накопления в среде тяжелых металлов.

Среди крупных индустриальных центров Казахстана Павлодар является одним из самых загрязненных вследствие функционирования ведущих предприятий региона: Павлодарского алюминиевого (АО «Алюминий Казахстана»), нефтехимического заводов (ПНХЗ), трех ТЭЦ (ТЭЦ-1, ТЭЦ-2, ТЭЦ-3), Аксуского завода ферросплавов (АО ТНК Казхром), Аксуской электростанции (АО ЕЭК (Евразийская Энергетическая Корпорация)), а также действовавших до распада СССР тракторного (сейчас на его базе – ПФ ТОО «Кастинг» – переплавка стали) и химического заводов (на его базе – АО «Каустик») и многих других.

Анализ имеющихся публикаций показал, что трансформация растительности в Казахстане и других странах исследуется в разных аспектах [Горчаковский, 1979; Трансформация растительного покрова, 1997–1999; Бижанова, 1998; Марынич, 1999], гораздо меньше работ [Панин, 1999; Султанова, 2000; Бигалиев, Шаймарданова, 2005], где изучалась бы реакция отдельных видов растений естественных местообитаний на загрязнение промышленными выбросами и трансформация растительности в результате их влияния в комплексе с другими факторами воздействия. Поэтому мы рассматриваем состояние растительного покрова территорий, находящихся в зоне действия промышленных предприятий (энергетики, черной и цветной металлургии, нефтехимической промышленности) [Леонова, 2010; Козыренко, Каниболоцкая, 2012; Берикова, Каниболоцкая, 2017]. Полученные данные могут быть использованы исследователями в различных регионах Казахстана, России и других стран, при условии совпадения основных характеристик биогеоценозов (экосистем).

Цели и задачи

Цель исследования: рассмотреть возможность использования *Artemisia austriaca* Jacq. (полыни австрийской) в качестве индикатора загрязнения окружающей среды некоторыми тяжелыми металлами.

Задачи исследования: определить точки, по которым будет проведен анализ содержания тяжелых металлов в растительных (*A. austriaca*) и почвенных пробах; сравнить содержание металлов в пробах почвы и *A. austriaca* на выбранных участках; выявить металлы с наибольшим и наименьшим уровнем аккумуляции в почве и растениях исследованной территории; рассмотреть возможность применения *A. austriaca* в качестве индикатора при условии аккумуляции ею тяжелых металлов из окружающей среды.

Объекты и методы

Объектом исследований являлся растительный покров региона (в который входит г. Павлодар, один из основных промышленных центров Казахстана, и расположенный рядом г. Аксу, также промышленной направленности). Изучение состояния растительного покрова проводилось нами в рамках диссертационного исследования в 2006–2009 гг., далее (при разработке инициативно-поисковой темы) – в 2011–2013, 2015–2016 гг.; пробы почв и растений для химических анализов отбирались в 2006, 2011, 2013, 2015–16 гг. на различных расстояниях от промзон г. Павлодара и г. Аксу, согласно стандартным методическим рекомендациям [Биогеохимические и геоботанические исследования, 1972; Методические рекомендации..., 1981].

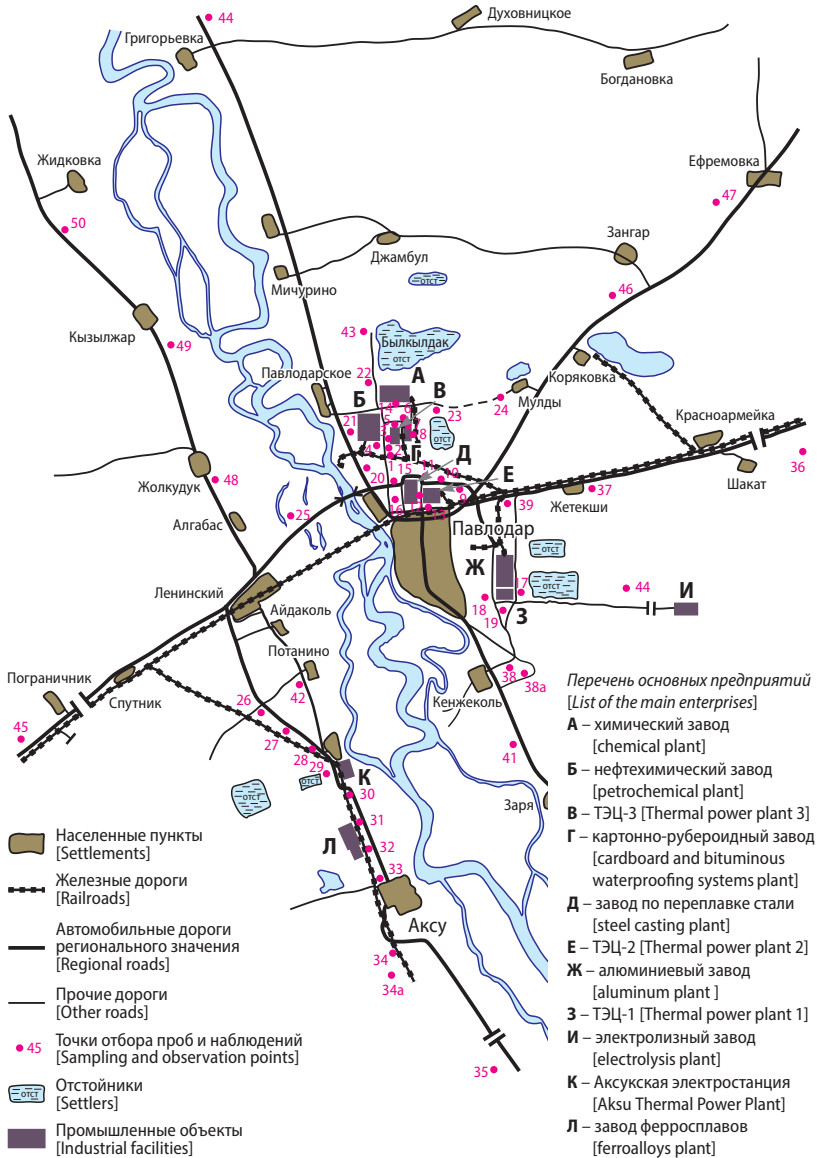


Рис. 1. Схема расположения точек отбора проб на территории исследования (зона вокруг городов Павлодар и Аксу, Павлодарская обл., Казахстан)

Fig. 1. Layout of sampling points in the survey area (zone around the cities of Pavlodar and Aksu, Pavlodar region, Kazakhstan)

Нами обследовано более 50 участков (рис. 1), находящихся на разных расстояниях от ведущих промышленных предприятий региона.

Точки отбора проб приурочены к преобладающим растительным сообществам, в которых проводились детальные геоботанические описания (с использованием классических методов, принятых при проведении геоботанических исследований) [Полевая геоботаника, 1959–1972]. Рельеф территории исследований представлен равнинами разного генезиса, почвенный покров неоднороден, почвы – каштановые глубококовшипающие маломощные и среднемощные (супесчаные и легкосуглинистые).

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-1E» (Россия, 2000 г. выпуска). Пробы анализировали в лаборатории Физико-технического института Министерства образования и науки Республика Казахстан (п. Алатау, Алма-Атинская область, Казахстан). Сопоставление предельно допустимых концентраций элементов в почве проводилось согласно нормативам [Kloke, 1980; Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве, 1983; Научно-методические указания..., 1993] (концентрации железа в почве сравнивали с фоновым содержанием).

Для почвенных проб был рассчитан коэффициент опасности K_o – концентрация металла в почве в долях ПДК (представлен в таблицах, определяли по формуле [Руководство..., 1993]):

$$K_o = C/\text{ПДК}, \quad (1)$$

где C – фактический уровень содержания элемента в почве.

Для выявления уровня аккумуляции растениями поллютантов мы использовали *Artemisia austriaca* Jacq., т.к. фитоценозы с ее участием имеют широкое распространение и на территории наших исследований, и во многих других регионах. В частности, этот вид полыни встречается и в Новосибирской области: и как компонент аборигенной флоры, например, по границе с Павлодарской областью, и как сорный (дигрессионно-активный) вид.

Для выявления уровня перехода тяжелых металлов из почвы в растения определяли коэффициент биологического поглощения A_x по формуле (2) [Перельман, 1961]:

$$A_x = l_x/n_x, \quad (2)$$

где l_x – содержание элемента x в золе растения, n_x – содержание элемента x в почве.

Усредненное содержание каждого металла в почве рассчитывали для каждой пары почвенных проб (слои 0–5 см и 10–15 см).

Результаты и обсуждение

Проанализированы пробы почв с участков, находящихся на различном удалении – 1–3–5–10–20–50 км – на север, юг, восток и запад от предприятий северной и восточной промышленных зон г. Павлодара и г. Аксу с учетом розы ветров и транспортной либо пешей доступности. Почва на анализ забиралась из двух слоев – 0–5 см и 10–15 см, поскольку в первом случае выявляется текущее, а во втором – более давнее загрязнение.

В табл. 1 отражены коэффициент опасности K_0 (для металлов в почве, в слое 0–5 см и 10–15 см) и коэффициент биологического поглощения A_x металлов полынью австрийской *Artemisia austriaca* (выбраны точки, для которых проанализированы содержания тяжелых металлов и в почве, и в растительных пробах), чтобы иметь возможность сравнить аккумуляцию поллютантов этими двумя средами и выявить наличие/отсутствие взаимосвязи.

Отмечаются высокие значения коэффициента опасности превышения ПДК хрома в почве и коэффициента биологического поглощения *A. austriaca* этого металла в трех точках – т27, т28, т30, находящихся на расстоянии 5, 3 и 1,5 км от АО ТНК Казхром; на остальных участках – высокие содержания в почве рассматриваемого металла, и более низкие (за исключением т20, т40, т41) – в растительных пробах (предположительно, в зависимости от возраста анализируемых растений, погодных условий, особенностей нанорельефа), но накапливать хром *A. austriaca* вполне может, причем в очень высоких концентрациях, при этом сохраняя жизнеспособность.

Для цинка ситуация иная: в т35 и т44 отмечаются схожие значения рассматриваемых коэффициентов в почве и в растительных пробах, а для остальных точек аккумуляция этого металла растениями выше, чем почвой на тех же участках. То есть можно отметить способность *A. austriaca* накапливать цинк.

Свинец: концентрации в почве в основном высокие, как минимум – 0,55 ПДК, в основном – 1,2; максимально – 1,75 ПДК (в т42, чуть ниже – в т30). При этом в растениях коэффициент биологического поглощения невелик (за исключением т40, где в почве концентрации не слишком значительны, т.е. для свинца аналогий в поглощении почвой и растениями нами не обнаружено, *A. austriaca* этот элемент аккумулирует слабо).

Таблица 1

Аккумуляция тяжелых металлов почвой (слои 0–5, 10–15 см) и полностью австрийской (*Artemisia austriaca*) [Accumulation of heavy metals by soil (layers 0–5, 10–15 cm) and *Artemisia austriaca*]

Металл [Heavy metals]	Точки отбора проб [Sampling sites]													
	20	21	24	27	28	30	35	37	40	41	42	43	44	
Cr	K_p , 10–15 cm	0,88	1,20	1,04	1,70	2,02	6,29	1,58	2,12	1,30	2,32	1,76	1,34	
	K_p , 10–15 cm	1,12	2,04	0,98	1,68	1,70	4,84	2,32	1,32	1,08	2,02	1,16	1,36	
	A_{Cr}	1,76	0,28	0,35	7,43	4,47	8,04	0,60	0,85	2,50	3,02	0,39	0,13	0,25
Zn	K_p , 10–15 cm	0,39	0,28	0,39	0,50	0,36	0,56	0,53	0,46	0,41	0,28	0,70	0,46	
	K_p , 10–15 cm	0,39	0,33	0,32	0,55	0,45	0,63	0,54	0,46	0,34	0,30	0,88	0,44	
	A_{Zn}	1,03	1,08	0,99	0,78	0,99	1,09	0,43	0,85	0,99	0,86	0,33	0,77	0,42
Pb	K_p , 10–15 cm	0,65	1,20	0,75	1,20	0,95	1,20	1,20	1,50	0,75	1,55	0,70	0,75	
	K_p , 10–15 cm	0,85	0,85	0,65	1,20	1,00	1,55	0,75	0,95	0,55	1,75	0,90	1,35	
	A_{Pb}	0,34	0,33	0,36	0,41	0,46	0,51	0,26	0,07	1,08	0,48	0,24	0,25	0,18
Fe	K_p , 10–15 cm	1,07	0,96	1,06	1,26	1,15	1,27	1,33	1,06	1,00	1,38	1,02	1,00	
	K_p , 10–15 cm	1,06	1,14	1,05	1,41	1,22	1,35	1,38	1,15	1,02	0,69	0,97	1,00	
	A_{Fe}	0,07	0,22	0,16	0,23	0,20	0,42	0,10	0,03	0,33	0,31	0,24	0,12	0,17

Окончание табл. 1

Металл [Heavy metals]		Точки отбора проб [Sampling sites]												
		20	21	24	27	28	30	35	37	40	41	42	43	44
Sr	K_{σ} , 10–15 cm	0,50	0,53	0,48	0,42	0,54	0,44	0,49	0,49	0,50	0,57	0,38	0,49	0,47
	K_{σ} , 10–15 cm	0,50	0,52	0,47	0,43	0,50	0,44	0,46	0,47	0,51	0,54	0,39	0,49	0,45
	A_{Sr}	0,20	0,13	0,16	0,25	0,15	0,24	0,21	0,14	0,17	0,23	0,22	0,13	0,34
Ni	K_{σ} , 10–15 cm	0,58	0,60	0,67	0,73	0,62	0,80	0,80	0,58	0,49	0,47	0,78	0,56	0,58
	K_{σ} , 10–15 cm	0,58	0,69	0,56	0,78	0,73	0,76	0,76	0,69	0,60	0,49	1,02	0,53	0,53
	A_{Ni}	0,19	0,24	0,22	0,32	0,23	0,69	0,14	0,09	0,42	0,37	0,17	0,16	0,16
Mn	K_{σ} , 10–15 cm	0,29	0,32	0,32	0,44	0,36	0,46	0,56	0,32	0,30	0,29	0,57	0,27	0,31
	K_{σ} , 10–15 cm	0,32	0,32	0,31	0,47	0,34	0,47	0,51	0,35	0,31	0,30	0,54	0,28	0,29
	A_{Mn}	0,55	0,28	0,31	0,33	0,34	0,70	0,18	0,30	0,48	0,42	0,18	0,19	0,26
Cu	K_{σ} , 10–15 cm	0,53	0,52	0,51	0,53	0,51	0,53	0,53	0,53	0,55	0,53	0,51	0,55	0,51
	K_{σ} , 10–15 cm	0,51	0,52	0,50	0,52	0,53	0,53	0,53	0,50	0,68	0,53	0,52	0,52	0,53
	A_{Cu}	0,10	0,16	0,12	0,19	0,14	0,24	0,10	0,06	0,16	0,19	0,15	0,10	0,11
Ti	K_{σ} , 10–15 cm	0,60	0,50	0,62	0,64	0,56	0,68	0,69	0,58	0,61	0,54	0,91	0,58	0,61
	K_{σ} , 10–15 cm	0,60	0,62	0,58	0,77	0,63	0,76	0,70	0,58	0,54	0,59	0,87	0,50	0,62
	A_{Ti}	0,11	0,19	0,14	0,27	0,26	0,47	0,10	0,02	0,34	0,30	0,16	0,10	0,10

Примечание. K_o – коэффициент опасности; A_x – коэффициент биологического поглощения. Участки отбора проб (точки): **20** – 5 км на северо-запад от ТЭЦ-2 (4 км к ю-з от ТЭЦ-3 и нефтехимического завода, 4,8 км к западу от ПФ ТОО «Кастинг» (завод по переплавке стали)); **21** – 3,6 км на запад от ТЭЦ-3 и нефтехимического завода (6 км к с-з от ПФ ТОО «Кастинг» (завод по переплавке стали); **24** – 10 км на восток от нефтехимического завода и ТЭЦ-3 (12 км к с-в от ТЭЦ-2, 17 км к северу от АО АК (алюминиевый завод), 1,5 км к западу от с. Моялды); **27** – 5 км к северу от АО ТНК Казхром (завод ферросплавов) (3 км к северу от АО ЕЭК (электростанция), 20 км к западу от АО АК (алюминиевый завод)); **28** – 3 км к северу от АО ТНК Казхром (завод ферросплавов) (1 км к северу от АО ЕЭК (электростанция), 20 км к западу от АО АК (алюминиевый завод)); **30** – 1,5 км к северу от АО ТНК Казхром (завод ферросплавов) (1 км к югу от АО ЕЭК (электростанция)); **35** – 50 км к югу от г. Павлодара (25 км к югу от АО ТНК Казхром (завод ферросплавов), 27 км к югу от АО ЕЭК (электростанция)); **37** – 10 км на восток от г. Павлодара (рядом с пос. Жетекши); **40** – 10 км на восток от АО АК (алюминиевый завод); **41** – 11 км к югу от ТЭЦ-1 (18 км к востоку от АО ЕЭК (электростанция)); **42** – 10 км к северу от АО ЕЭК (электростанция) (15 км к западу от АО АК (алюминиевый завод)); **43** – 10 км к северу от ТЭЦ-3 и ПНХЗ (нефтехимический завод) (в 16 км к северу от ПФ ТОО «Кастинг» (завод по переплавке стали)); **44** (условно-фоновый участок) – 50 км к северу от Павлодара (40 км к северу от ПНХЗ (нефтехимический завод), 46 км на север от ПФ ТОО «Кастинг» (завод по переплавке стали)).

[Note. K_o – metal concentration in soil in fractions of MPC:

actual level of element content in the soil
maximum permissible concentration
content of chemical element x in the ash of the plant
content of element x in the soil

A_x – biological absorption coefficient of *Artemisia austriaca*:

Sampling sites (points): **20** – 5 km to the north-west of the Thermal power plant-2 (4 km to s-w from Thermal power plant-3 and petrochemical plant, 4,8 km to the west from steel casting plant); **21** – 3,6 km west from Thermal power plant-3 and petrochemical plant (6 km to n-w from steel casting plant); **24** – 10 km east from petrochemical plant and Thermal power plant-3 (12 km from Thermal power plant-2, 17 km north from aluminum plant, 1,5 km to west from the village of Moyalyd); **27** – 5 km north of ferroalloys plant (3 km north of Aksu Thermal Power Plant, 20 km west of aluminum plant); **28** – 3 km north of ferroalloys plant (1 km north of Aksu Thermal Power Plant, 20 km west of aluminum plant); **30** – 1,5 km north of ferroalloys plant (1 km south of Aksu Thermal Power Plant); **35** – 50 km south of Pavlodar (25 km south of ferroalloys plant, 27 km south of Aksu Thermal Power Plant; **37** – 10 km east of Pavlodar (near the settlement Zhetekshi); **40** – 10 km east from aluminum plant; **41** – 11 km south of Thermal power plant-1 (18 km east of the Aksu Thermal Power Plant); **42** – 10 km north of Aksu Thermal Power Plant (15 km west of aluminum plant); **43** – 10 km north of Thermal power plant-3 and petrochemical plant (16 km north of steel casting plant); **44** (conditional-background site) – 50 km north of Pavlodar (40 km to north from petrochemical plant, 46 km to north from steel casting plant.)

Концентрации железа в почве выше фона (т44) или почти равны ему, а в растениях по сравнению с ними – малы, и этот металл *Artemisia austriaca* элемент аккумулирует незначительно.

Стронций: концентрации в почве стабильно невысоки (не более 0,6 ПДК), в растениях – весьма низки по сравнению с другими металлами, рассмотренными нами (кроме меди).

Содержание никеля в почве в целом находится в пределах 0,8 ПДК (одно значение выше 1, в т42), в растениях – в основном не выше 0,4, и одно значение – 0,69 (т30, здесь же выше средних концентрации никеля и в почве). Таким образом, *A. austriaca* аккумулирует никель слабо.

Марганец: и в почве, и в растениях содержание не слишком высоко (K_o и A_{Mn} в пределах 0,56 и 0,7), в т30 – самая высокая из имеющихся концентраций в растениях, там же – выше средней в почве (в почве также – в т35 и 42; в т20 – в полыни). Марганец *A. austriaca* аккумулирует в целом довольно слабо.

Концентрации меди в почве в основном не превышают 0,53 (в т40 – чуть выше), в растениях концентрации минимальны в сравнении с остальными рассмотренными нами металлами.

Титан: коэффициент опасности перехода металла из почвы в растения не слишком высок, максимальное значение – 0,91 (A_{Ni} при этом – низкий), в среднем – чуть выше 0,6; в растениях самое высокое значение A_{Ni} – в т30 (и K_o здесь – несколько выше средних значений).

Можно проследить постепенное увеличение коэффициента биологического поглощения свинца, титана, никеля, железа (для остальных металлов картина менее выражена) от точки 20 к точке 30 (приближение к действующим предприятиям). Уменьшение – от точки 30 к точке 37 (удаление от источников эмиссий – в т35 (для титана, железа, никеля, меди, свинца и стронция) и в т37 – для хрома, марганца и цинка) и от т40 к т44 (также в сторону фонового участка).

Высокие значения A_{Cr} показаны в 6 из 12 рассмотренных точек (20, 27, 28, 30, 40, 41), A_{Zn} также высок в точках 20, 21, 24, 28, 30, 40 (в точках 20, 28 и 40 – для обоих элементов), при этом значения коэффициента биологического поглощения выше 1 для хрома в диапазоне от 1,76 до 8,04, а для цинка – все превышают 1 незначительно.

Чаще всего высокий уровень загрязнения почвы металлами отмечается в точках 42, 27 и 30 (10, 5 и 1,5–1 км от действующих предприятий, соответственно). Наибольшие значения A_x характерны в основном также для т30 (1,5 км к северу от АО ТНК Казхром (1 км к югу от АО ЕЭК)) для титана, марганца, железа, никеля, меди, особенно – для хрома

и цинка, практически максимально из проанализированных проб – для свинца. То есть выявлено соответствие высоких уровней коэффициента биологического поглощения *Artemisia austriaca* и повышенных концентраций металлов в почвенных пробах с этого участка (также – для т27, где коэффициент биологического поглощения не слишком высок, но выше фона).

Распределение загрязнения по слоям почвы (0–5 см и 10–15 см): в 49% случаев K_0 (коэффициент опасности), следовательно, и концентрация металла в почвенной пробе, были выше в слое 10–15 см; в 40% случаев – в слое 0–5 см; в 11% случаев концентрации в слоях были одинаковы. Многие исследователи отмечают, что для техногенных территорий (без учета типа почв) характерна приуроченность максимальных концентраций поллютантов, поступающих от ТЭЦ и предприятий металлургии, к верхнему почвенному горизонту (до 10–20 см), непосредственно контактирующему с приземным слоем атмосферы [Ильин, 1991; Мудрый, 1997; Панин, 2002; Лузгин, 2004]. Этому способствует подщелачивание среды за счет ингредиентов, присутствующих в выбросах [Город как техногенный субрегион биосферы, 1985, с. 139].

Имеющая место неоднородность почвенного покрова территории исследований (легкие суглинки и супесь) может оказывать некоторое влияние на уровень аккумуляции загрязнителей, как и незначительные изменения нанорельефа, обусловленные природными и антропогенными факторами, характерными для изучаемого нами региона.

Меньшие значения коэффициента биологического поглощения поллютантов *A. austriaca* отмечаются в основном в 50 км на юг от г. Павлодара (25 км к югу от АО ТНК Казхром, 27 км к югу от АО ЕЭК) для титана, железа, никеля, меди, свинца и стронция; в почве – для цинка; в 10 км к востоку от г. Павлодара (рядом с пос. Жетекши) – для хрома, марганца и цинка (там же – наименьшие концентрации свинца, никеля, меди, железа и титана в почве); хрома и марганца в почве – в 10 км к северу от ТЭЦ-3 и ПНХЗ (в 16 км к северо-западу от ПФ ТОО «Кастинг»).

Наибольшие значения коэффициента биологического поглощения отмечаются в основном в 1,5 км к северу от АО ТНК Казхром (1 км к югу от АО ЕЭК) для титана, марганца, железа, никеля, меди, особенно – для хрома и цинка, практически максимально из проанализированных проб – для свинца, там же отмечено и высокое содержание большинства металлов в почвенных пробах. Латеральное распределение поллютантов по территории в почвах и растениях в основном характеризуется увеличением их содержания в рассматриваемых средах

по мере приближения к источникам выбросов, что отмечают в своих работах и другие исследователи [Загрязнение почв..., 2009, с. 8; Парфенова, 2011; Байсеитова, Сартаева, 2014; Накопление тяжелых металлов, 2015, с. 90;].

Заключение

Мы рассмотрели содержание в почвенных и растительных (*Artemisia austriaca*) пробах, собранных на разных расстояниях от действующих промышленных предприятий, девяти металлов: титана, хрома, марганца, железа, никеля, свинца, цинка, меди и стронция. Был проведен сравнительный анализ соответствия концентраций поллютантов в почве и растениях одних и тех же точек. Были выявлены особенности распространения загрязнения на исследуемой территории. Считаем необходимым продолжать наблюдения с целью увеличения объема данных для анализа, что позволит понять специфику накопления элементов *A. austriaca* и более глубоко раскрыть вопрос индикации загрязнения.

Выводы

Анализ содержания тяжелых металлов в почве и растениях (*A. austriaca*) исследуемой территории проводили, выбрав участки на разных расстояниях от действующих промышленных предприятий г. Павлодара и г. Аксу (Павлодарская область, Казахстан) (из имеющихся были отобраны точки, для которых определено содержание тяжелых металлов в почве и в пробах *A. austriaca*).

Чаще высокий уровень загрязнения почвы металлами отмечается на расстоянии 10–5–1,5–1 км от действующих предприятий. Наибольшие значения коэффициента биологического поглощения *A. austriaca* различных металлов в основном также отмечены на участке в 1–1,5 км от промышленных предприятий для титана, марганца, железа, никеля, меди, особенно – для хрома и цинка, практически максимально из проанализированных проб – для свинца. Распространение поллютантов соответствует направлению преобладающих в регионе ветров и снижается с увеличением расстояния от источников загрязнения, что соответствует и литературным данным.

Хром и цинк накапливаются в *A. austriaca* более активно, чем титан, железо, марганец, никель, медь, свинец, стронций. Их это растение аккумулирует слабо.

A. austriaca, являясь дигрессионно-активным видом, в условиях антропогенного воздействия часто становится доминантом или субдоминантом в растительных сообществах (в регионах, где исторически

она была представлена в незначительном обилии). В связи с этим ее способность к аккумуляции некоторых тяжелых металлов (согласно результатам наших исследований – цинка и хрома) можно использовать (с учетом расстояния от источника эмиссий, возраста растений, особенностей нанорельефа и погодных условий) для определения наличия загрязнения промышленных (или прилегающих к ним) территорий, особенно в районах действия металлургических предприятий.

Библиографический список / References

Байсеитова Н.М., Сартаева Х.М. Накопление тяжелых металлов в растениях в зависимости от уровня загрязнения почв // Молодой ученый. 2014. № 2 (61). [Baiseitova N.M., Sartaeva Kh.M. Accumulation of heavy metals in plants depending on soil contamination. *Molodoi uchenyi*. 2014. No. 2 (61) (In Russ.)]

Берикова А.Т., Каниболоцкая Ю.М. Антропогенная трансформация растительного покрова в зоне воздействия АО «ЕЭК» и АО «ТНК «Казхром» // IX Торайгыровские чтения: Международная научная конференция. Павлодар, 2017. С. 75–78. [Berikova A.T., Kanibolotskaya Yu.M. Anthropogenic transformation of vegetation cover in the exposure area JSC “EEC” and JSC “MNC “KazHrom”. *IX Toraigyrovskie chteniya*. Pavlodar, 2017. Pp. 75–78. (In Russ.)]

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. [Bigaliev A.B., Shaimardanova B.Kh. Urban vegetation as bioindicators of man-made load. *Eurasian Journal of Ecology*. 2005. No. 1 (16). Pp. 20–25. (In Russ.)]

Бижанова Г.К. Антропогенная трансформация растительности песчаных пустынь Казахстана: Дис. ... д-ра биол. наук. Алматы, 1998. [Bizhanova G.K. Antropogennaya transformatsiya rastitel'nosti peschanykh pustyn' Kazakhstana [Anthropogenic transformation of the vegetation of the sandy deserts of Kazakhstan]. Dr. Hab. dis. Almaty, 1998.]

Биогеохимические и геоботанические исследования. Л., 1972. [Biogeokhimiicheskie i geobotanicheskie issledovaniya [Biogeochemical and geobotanic research]. Leningrad, 1972.]

Город как техногенный субрегион биосферы / Саэт Ю.Е. и др. Труды биогеохимической лаборатории. Т. 20. М., 1985. С. 133–165. [Saet Yu.E. et al. City as a man-made subregion of the biosphere. *Trudy biogeokhimiicheskoy laboratorii*. Vol. 20. Moscow, 1985. Pp. 133–165. (In Russ.)]

Горчаковский П.Л. Тенденции антропогенных изменений растительного покрова Земли // Ботанический журнал. 1979. Т. 69. № 12. С. 1697–1714. [Gorchakovskii P.L. Trends in anthropogenic changes in Earth's vegetation cover. *Botanicheskii zhurnal*. 1979. Vol. 69. No. 12. Pp. 1697–1714. (In Russ.)]

Загрязнение почв тяжелыми металлами. Способы контроля и нормирования загрязненных почв: Учебно-методическое пособие / Сост. Х.А. Джувеликян, Д.И. Щеглов, Н.С. Горбунова. Воронеж, 2009. [Zagryaznenie pochv tyazhelymi metallami. Sposoby kontrolya i normirovaniya zagryaznennykh pochv [Soil contamination by heavy metals. How to control and normalize contaminated soils]. Kh.A. Dzhuvelikyan, D.I. Shcheglov, N.S. Gorbunova (compilers). Voronezh, 2009.]

Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе «почва–растение». Новосибирск, 1991. [Il'in V.B. Tyazhelye metally v sisteme «pochva–rasteniye» [Heavy metals in the soil-plant system]. Novosibirsk, 1991.]

Козыренко М.А., Каниболоцкая Ю.М. Тяжелые металлы в почве и растениях // XII Сатпаевские чтения: Международная научная конференция. Павлодар, 2012. С. 182–185. [Kozyrenko M.A., Kanibolotskaya Yu.M. Heavy metals in soil and plants. XII Satpaevskie chteniya. Pavlodar, 2012. Pp. 182–185. (In Russ.)]

Леонова Ю.М. Антропогенная трансформация растительности в зоне влияния промышленных объектов г. Павлодара: Дис. ... канд. биол. наук. Алматы, 2010. [Leonova Yu.M. Antropogennaya transformatsiya rastitel'nosti v zone vliyaniya promyshlennykh ob'ektov g. Pavlodara [Anthropogenic transformation of vegetation in the area of influence of industrial facilities in Pavlodar]. PhD dis. Almaty, 2010.]

Лузгин Б. Н. Загрязнение почв металлами (на примере Алтайского региона) // География и природные ресурсы. 2004. № 3. С. 151–154. [Luzgin B.N. Soil contamination with metals (on the example of the Altay region). *Geography and Natural Resources*. 2004. No. 3. Pp. 151–154. (In Russ.)]

Марынич О.В. Антропогенная трансформация степной растительности (на примере Центрального Казахстана): Дис. ... канд. биол. наук. Алматы, 1999. [Marynich O.V. Antropogennaya transformatsiya stepnoi rastitel'nosti (na primere Tsentral'nogo Kazakhstana) [Anthropogenic transformation of steppe vegetation (on the example of Central Kazakhstan)]. PhD dis. Almaty, 1999.]

Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв при контроле загрязнения окружающей среды металлами. М., 1981. [Metodicheskie rekomendatsii po provedeniyu polevykh i laboratornykh issledovaniy pochv pri kontrole zagryazneniya okruzhayushchei sredy metallami [Methodological recommendations for field and laboratory soil studies in metal pollution control]. Moscow, 1981.]

Мудрый И.В. Тяжелые металлы в системе «почва – растения – человек» // Гигиена и санитария. 1997. № 1. С. 14–17. [Mudryi I.V. Heavy metals in the soil-plants-man system. *Hygiene and Sanitation (Russian journal)*. 1997. No. 1. Pp. 14–17. (In Russ.)]

Накопление тяжелых металлов в разных органах березы повислой возле Карабашского медеплавильного комбината / Коротеева Е.В., Веселкин Д.В., Куянцева Н.Б. и др. // Агрохимия. 2015. № 3. С. 88–96. [Koroteeva E.V., Veselkin D.V., Kuyantseva N.B. et al. Accumulation of heavy metals in different bodies *Betula pendula* near Karabakh copper smelter. *Agrokhiimiya*. 2015. No. 3. Pp. 88–96. (In Russ.)]

Научно-методические указания по мониторингу земель Республики Казахстан. Алматы, 1993. [Nauchno-metodicheskie ukazaniya po monitoringu zemel' Respubliki Kazakhstan [Scientific and methodological guidelines for monitoring the lands of the Republic of Kazakhstan]. Almaty, 1993.]

Панин М.С. Аккумуляция тяжелых металлов растениями Семипалатинского Прииртышья. Семипалатинск, 1999. [Panin M.S. Akkumulyatsiya tyazhelykh metallov rasteniyami Semipalatinskogo Priirtysh'ya [Accumulation of heavy metals by plants of Semipalatinsk Priirtysh]. Semipalatinsk, 1999.]

Панин М.С. Химическая экология. Семипалатинск, 2002. [Panin M.S. Khimicheskaya ekhologiya [Chemical ecology]. Semipalatinsk, 2002.]

Парфенова Е.А. Оценка загрязнения почв тяжелыми металлами в результате влияния выбросов автотранспорта // Известия Пензенского государственного

педагогического университета им. В.Г. Белинского. 2011. № 25. С. 590–592. [Parfenova E.A. Assessment of soil contamination by heavy metals from motor vehicle emissions. *Izvestiya Penzenskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. V.G. Belinskogo*. 2011. No. 25. Pp. 590–592. (In Russ.)]

Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М., 1961. [Perelman A.I. *Geokhimiya landshafta* [Landscape geochemistry]. M., 1961.]

Полевая геоботаника в 4-х т. / Под ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина. М., Л., 1959–1972. [Polevaya geobotanika [Field geobotany]. E.M. Lavrenko, A.A. Korchagina (eds.). Moscow, Leningrad, 1959–1972.]

Руководство по санитарно-химическому исследованию почвы (нормативные материалы) / Гос. комитет сан-эпид. надзора России. М., 1993. [Rukovodstvo po sanitarno-khimicheskomu issledovaniyu pochvy (normativnyye materialy) [Soil sanitary and chemical survey manual (regulatory materials)]. M., 1993.]

Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве. СанПиП № 2546-82. Утв. 13.05.1983. [Sanitarnye normy dopustimyykh kontsentratsiy khimicheskikh veshchestv v pochve [Sanitary standards for permissible concentrations of chemicals in soil]. SAN i P № 2546-82. Approved 13/05/1983.]

Султанова Б.М. Антропогенная трансформация растительности Семипалатинского испытательного полигона: Дис. ... канд. биол. наук. Алматы, 2000. [Sultanova B.M. *Antropogennaya transformatsiya rastitel'nosti Semipalatinskogo ispyatel'nogo poligona* [Anthropogenic transformation of the vegetation of the Semipalatinsk test site]. PhD dis. Almaty, 2000.]

Трансформация растительного покрова Казахстана в условиях современного природопользования: Отчет по НИР / Институт ботаники и фитоинтродукции. Алматы, 1997, 1998, 1999. [Transformatsiya rastitel'nogo pokrova Kazakhstana v usloviyakh sovremennogo prirodopol'zovaniya [Transformation of Kazakhstan's vegetation cover in modern nature management]. Research report. Institute of Botany and Phytointroduction, Almaty, 1997; 1998; 1999.]

Kloke A. Richtwerte'80. Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturboden. *VDLUFA-Mitteilungen*. 1990. H. 1-3. S. 9–12.

Статья поступила в редакцию 11.12.2019, принята к публикации 15.01.2020

The article was received on 11.12.2019, accepted for publication 15.01.2020

Сведения об авторе / About the author

Каниболотская Юлия Михайловна – кандидат биологических наук; доцент кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Сибирский университет потребительской кооперации, г. Новосибирск

Yulia M. Kanibolotskaya – PhD in Biology; associate professor at the Department of Agricultural Production and Processing Technology, Siberian University of Consumer Cooperation, Novosibirsk

E-mail: yu_leonova@mail.ru