

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ
КАК ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИО.Л. Zakharova, I.N. Savelyeva,
V.I. Polonskiy, A.V. SuminaSPATIAL DISTRIBUTION OF HEAVY METALS IN SOILS AS GEOENVIRONMENTAL
PROBLEM OF POWER SYSTEM ENTERPRISES

Захарова О.Л. – канд. биол. наук, доц. каф. биологии Хакасского государственного университета им. Н.Ф.Катанова, г. Абакан. E-mail: vadim.polonskiy@mail.ru

Савельева И.Н. – канд. биол. наук, доц. каф. географии и геоэкологии Хакасского государственного университета им. Н.Ф.Катанова, г. Абакан. E-mail: vadim.polonskiy@mail.ru

Полонский В.И. – д-р биол. наук, проф. каф. ландшафтной архитектуры, ботаники, агроэкологии Красноярского государственного аграрного университета, г. Красноярск. E-mail: vadim.polonskiy@mail.ru

Сумина А.В. – канд. с.-х. наук, доц. каф. географии и геоэкологии Хакасского государственного университета им. Н.Ф.Катанова, г. Абакан. E-mail: vadim.polonskiy@mail.ru

Zakharova O.L. – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Biology, Katanov Khakass State University, Abakan. E-mail: vadim.polonskiy@mail.ru

Savelyeva I.N. – Cand. Biol. Sci., Assoc. Prof., Chair of Geography and Geoecology, Katanov Khakass State University, Abakan. E-mail: vadim.polonskiy@mail.ru

Polonskiy V.I. – Dr. Biol. Sci., Prof., Chair of Landscape Architecture, Botany, Physiology Agroecology, Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk. E-mail: vadim.polonskiy@mail.ru

Sumina A.V. – Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Geography and Geoecology, Katanov Khakass State University, Abakan. E-mail: vadim.polonskiy@mail.ru

Естественный процесс формирования почв происходил на протяжении нескольких тысячелетий, а для преобразования их в урбоноземы понадобились лишь столетия. Предприятия теплоэнергетики ежедневно выбрасывают в атмосферу большое количество разнообразных веществ, при этом тяжелые металлы относятся к приоритетным загрязнителям: они относительно легко идентифицируются, мало подвижны в верхнем почвенном слое. Связан данный факт с тем, что почва является геохимическим барьером, сдерживающим перенос химических элементов и их соединений по профилю и в подземные воды, выполняя тем самым важную экологическую функцию. Цель работы – установление специфики пространственного депонирования некоторых тяжелых металлов (Pb, Zn) в почвенном покрове территорий, прилегающих к предприятиям теплоэнергетики. Почвенные образцы отбирались в точках, прилегающих к Абаканской и Минусинской ТЭЦ по трансектам. Последние были заложены согласно приоритетным направлениям ветров в северо-восточном и юго-западном направлениях на расстоянии 0,1; 0,5; 0,7; 1,0 и 2,0 км от границ предприятий, на глубине от 0 до 20 см. Содержание ионов свинца и цинка определяли методом инверсионной вольтамперометрии. Установлено, что уровень загрязнения почвенного покрова тяжелыми металлами различается как между исследуемыми предприятиями, так и между трансектами. Наиболее высокие концентрации тяжелых металлов выявлены в северо-восточном направлении от границ вышеуказанных ТЭЦ, что, вероятно, обусловлено комплексом природных условий, которые определяют интенсивное распространение азротехногенных выбросов. Концентрация ионов свинца и цинка в почвах, расположенных в северо-

восточном направлении от границы Абаканской ТЭЦ, выше их содержания в почвах этого же направления, прилегающих к Минусинской ТЭЦ, но находятся в пределах норматива ПДК.

Ключевые слова: загрязнение почв, тяжёлые металлы, пространственные особенности распространения, буферная способность почв, предприятия теплоэнергетики.

Natural process of soils formation happened throughout several millennia, and only centuries were necessary for their transformation to urban soils. The enterprises of power system daily release a large amount of various substances into the atmosphere, at the same time heavy metals fall into priority pollutants: they are rather easily identified, sedentary in high soil layer. The fact is that the soil is geochemical barrier constraining transfer of chemical elements and their connections on the profile and in underground waters, performing thereby important ecological function. The work purpose was the establishment of specifics of space deposition of some heavy metals (Pb, Zn) in soil cover of the territories adjacent to the enterprises of power system. Soil samples were selected in the points adjacent to Abakan and Minusinsk combined heat and power plant on the transects put, according to the priority directions of winds, in the northeast and southwest directions, apart 0.1; 0.5; 0.7; 1.0; and 2.0 km from the borders of the enterprises, at the depth from 0 to 20 cm. The maintenance of ions of lead and zinc was determined by the method of inversion voltammetry. As a result of the research it was established that the level of pollution of soil cover with heavy metals differed both among studied enterprises and transects. The highest concentrations of heavy metals were revealed in the northeast direction from the borders of above-

stated combined heat and power plants which had probably been caused by the complex of the environment which defined intensive distribution of aerotechnogenic emissions. Ion concentration of lead and zinc in the soils located in the northeast direction from the border of Abakan combined heat and power plant was higher than their contents in the soils of the same direction adjacent to Minusinsk combined heat and power plant, but were in the limits of the standard of maximum allowable concentration.

Keywords: soils pollution, heavy metals, spatial features of distribution, buffer soils ability, enterprises of power system.

Введение. Среди приоритетных загрязняющих веществ, образующихся при работе предприятий теплоэнергетики, особое место принадлежит тяжелым металлам. Связан данный факт с тем, что эти химические вещества относятся к суперэкоотоксикантам, мутагенам и канцерогенам и могут активно накапливаться в компонентах окружающей среды и даже включаться в естественный круговорот веществ [1].

Пространственное распределение выбросов от предприятий теплоэнергетики и их влияние на организм человека зависят от множества факторов. К основным из них

можно отнести состав сжигаемого топлива; высоту дымовых труб, через которые отходящие газы поступают в атмосферный воздух; климатические и метеорологические условия; удаленность источника выбросов от жилой застройки. Для территорий с резко континентальным климатом и низкой способностью атмосферы к самоочищению, к которым относится и Республика Хакасия, и юг Красноярского края, характерно увеличение темпов накопления загрязняющих веществ в компонентах окружающей среды.

В подобных условиях почва является геохимическим барьером для тяжелых металлов, который сдерживает перенос химических элементов и их соединений по профилю и в подземные воды.

Цель исследования. Установление специфики пространственного депонирования некоторых тяжелых металлов (Pb, Zn) в почвенном покрове территорий, прилегающих к предприятиям теплоэнергетики.

Объект исследования – почвенный компонент, расположенный в зоне воздействия Минусинской и Абаканской ТЭЦ.

Минусинская ТЭЦ расположена в юго-восточном направлении на расстоянии 5 км от административных границ г. Минусинска (рис. 1).

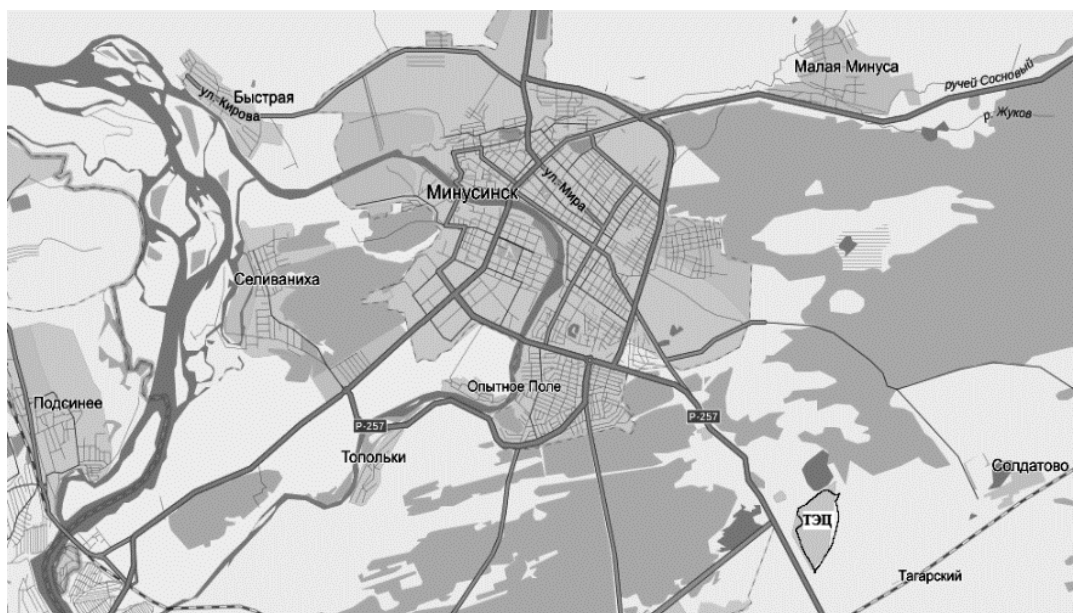


Рис. 1. Карта-схема района исследования территории вблизи Минусинской ТЭЦ (филиал ОАО «Енисейская ТГК (ТГК-13)). Масштаб 1:2000

Абаканская ТЭЦ занимает территорию на западной окраине г. Абакана, на левом берегу р. Ташеба. Промышленная площадка ТЭЦ расположена в 3 км от жилой застройки (рис. 2).

Не менее важное значение для пространственного депонирования загрязняющих веществ имеют и метеорологические условия территории. Согласно розе ветров, к

преобладающим направлениям ветра можно отнести юго-западное и северное, на совокупную долю которых приходится 50 % от общего количества ветров. Средняя годовая скорость юго-западного и западного ветров составляет 5–6 м/с, ветров других направлений 3–4 м/с. Данная тенденция характерна для обеих территорий.



Рис. 2. Карта-схема района исследования территории вблизи Абаканской ТЭЦ (филиал «Енисейская ТГК (ТГК-13)). Масштаб 1:2000

Почвенный компонент территории, прилегающей к Абаканской ТЭЦ, представлен каштановыми почвами [2]. Почвенный покров, прилегающий к границе промышленной площадки Минусинской ТЭЦ, характеризуется большим разнообразием. Здесь преобладают чернозёмы, текстурно-карбонатные и каштановые почвы. Под сосновыми борами формируются почвы дерново-подзолистые супесчаные, являющиеся интразональными [3].

Отбор почвенных проб производили по трансектам, заложенным в северо-восточном и юго-западном направлениях, расположенных на участках, прилегающих к Абаканской и Минусинской ТЭЦ (филиалы ОАО «Енисейская ТГК (ТГК-13)»).

Отбор почвенных проб производили на участках размером 1×1 м согласно ГОСТ 17.4.3.01-83. Образцы взяты на расстоянии 0,1; 0,5; 0,7; 1,0 и 2,0 км от границ предприятий, на глубине от 0 до 20 см. Общее количество – 200 образцов.

Концентрацию подвижной формы ионов свинца и цинка определяли методом инверсионной вольтамперометрии.

Интенсивность процессов депонирования загрязняющих веществ зависит от буферных свойств почвы. При этом основными факторами, формирующими данные свойства, являются минералогический и гранулометрический состав, степень увлажнения, уровень исходной реакции среды, содержание органического вещества, содержание обменных катионов (Ca^{2+} , Mg^{2+}) [4, 5].

Поэтому для более полной информации о процессах депонирования загрязняющих веществ, происходящих в почвенном покрове исследуемых территорий, были проведены исследования буферной способности почв: со-

держание гумуса, гранулометрический состав, pH водной вытяжки. Оценка буферной способности почв проведена с использованием шкалы В.В. Ильина и А.С. Сысо (2001).

Результаты исследования и их обсуждение. Установлено, что почвы территории, прилегающей к Абаканской ТЭЦ, характеризуются как среднесуглинистые (30 % физической глины и 70 % физического песка), низкогумусные (среднее содержание гумуса в верхнем слое почвы – 1,73 %), имеют щелочную среду почвенного раствора ($\text{pH}_{\text{водн}} = 7,36$).

В отличие от данных почв, почвы территории воздействия Минусинской ТЭЦ относятся к супесчаным разновидностям (15 % физической глины и 85 % физического песка), характеризуются нейтральной средой почвенного раствора ($\text{pH}_{\text{водн}} = 6,82$), являются низкогумусными (содержание гумуса в слое 0-20 см – 2,00 %).

По совокупности показателей, согласно шкале буферности почв, почва территории, прилегающей к Абаканской ТЭЦ, характеризуется средней буферной способностью (24,5 балла). Буферность почв, расположенных в зоне влияния Минусинской ТЭЦ, оценивается в 17 баллов и характеризуется как низкая. Выявленные различия обуславливают особенности пространственного депонирования тяжелых металлов в верхнем слое почв источника загрязнения.

Независимо от направления, по мере удаления от источника загрязнения – Абаканской ТЭЦ, выявлены следующие особенности: максимальные концентрации подвижных форм свинца, составляющие в среднем 7,12 и 1,03 мг/кг соответственно, зафиксированы на расстоянии 700–1000 м, минимальные (0,11 и 0,31) – на расстоянии 100–500 м и более 2000 м (рис. 3).

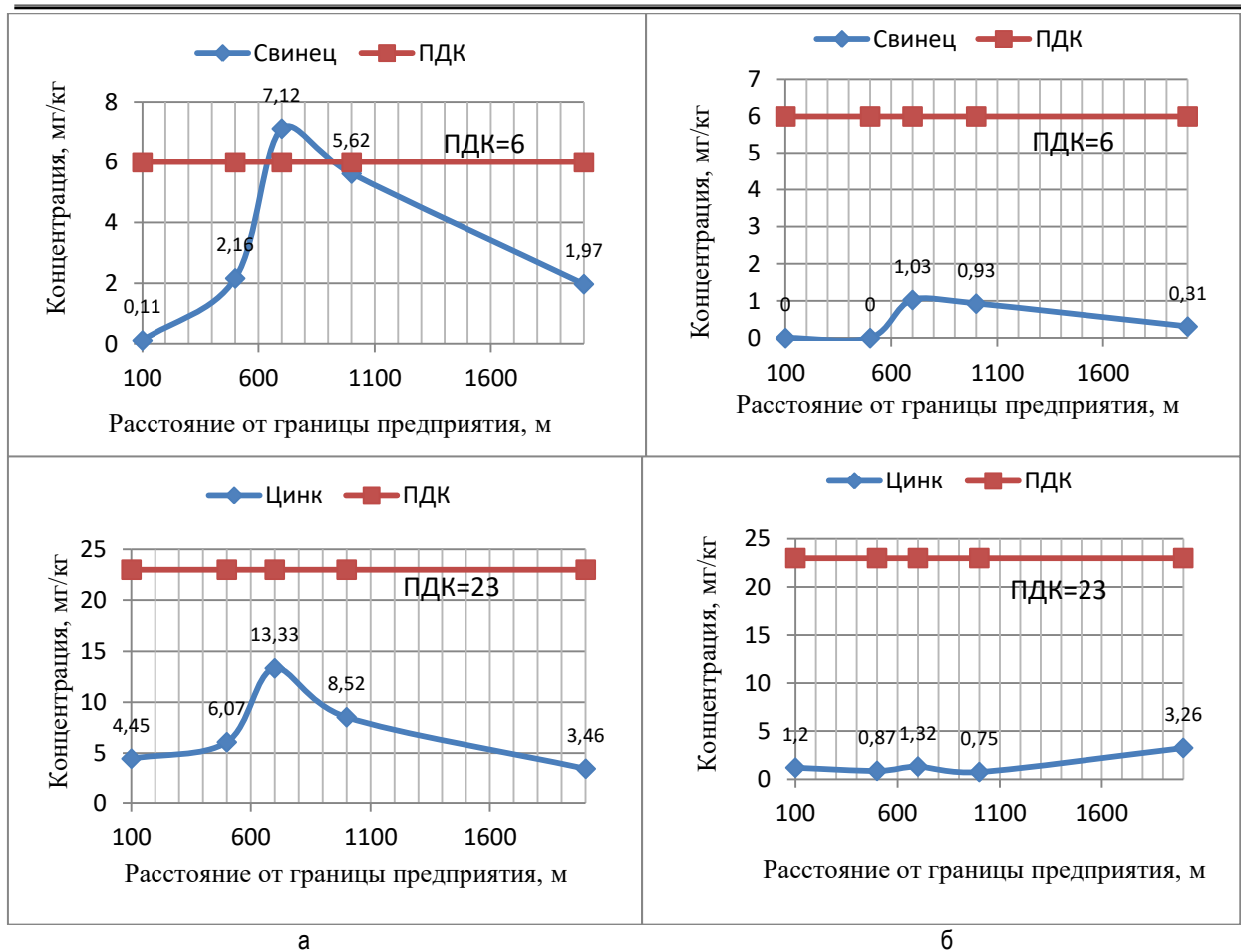


Рис. 3. Динамика распространения подвижных форм тяжёлых металлов в почвах, расположенных в зоне влияния Абаканской ТЭЦ, с учетом направления: а – северо-восточное; б – юго-западное (n=100)

Подобная тенденция сохраняется и для подвижных форм цинка в северо-восточном направлении, где наибольшее содержание их, составляющее 13,33 мг/кг, обнаружено на расстоянии 700 м. В юго-западном направлении для данного загрязнителя наблюдается иная особенность распространения: концентрация подвижных форм цинка достигает максимальных значений 3,26 мг/кг на расстоянии 2000 м. В почвах северо-восточного направления от границ предприятия Абаканской ТЭЦ содержание свинца и цинка больше по сравнению с их концентрацией в почвах юго-западного направления. При этом уровни накопления данных элементов, независимо от направления, находятся в пределах норматива ПДК.

Динамика загрязнения почв тяжёлыми металлами, по мере удаления от границ промышленной площадки Минусинской ТЭЦ, независимо от направления, характеризуется максимальными концентрациями подвижных форм свинца и цинка на расстоянии 500 м, и их значения не превышают нормативные показатели (рис. 4).

Минимальное содержание ионов свинца – 0,28 мг/кг – установлено на расстоянии 2000 м в почвах юго-западного направления и 2,02 мг/кг – в почвах северо-востока на расстоянии 100 м от предприятия.

Для ионов цинка минимальные содержания в почвах зафиксированы на расстоянии 1000 м в обоих направлениях.

Таким образом, пространственные особенности накопления тяжелых металлов в почвах, прилегающих к промышленным площадкам Абаканской и Минусинской ТЭЦ, обуславливаются различиями в высоте дымовой трубы каждого предприятия, спецификой ветрового режима территорий, а также выявленными различиями в буферной способности почв данных территорий.

Наиболее высокие концентрации тяжелых металлов наблюдаются в почвах радиуса 700–2000 м от границ Абаканской ТЭЦ. В почвах, приуроченных к Минусинской ТЭЦ, такие концентрации загрязнителей отмечаются на расстоянии 500–1000 м. Расширение ареала загрязнения почв тяжёлыми металлами, в случае с Абаканской ТЭЦ, обусловлено высотой дымовой трубы, составляющей 120 м, в сравнении с таковой, установленной на Минусинской ТЭЦ (100 м).

Согласно СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03, Минусинская и Абаканская ТЭЦ являются предприятиями второй категории опасности, для которых размер санитарно-защитной зоны составляет 500 м. В связи с этим наиболее высокие концентрации ионов тяжёлых металлов в почвенном компоненте фиксируются за пределами внешней границы санитарно-защитной зоны. Полученные результаты исследования могут являться основанием для рекомендации по изменению её границ.

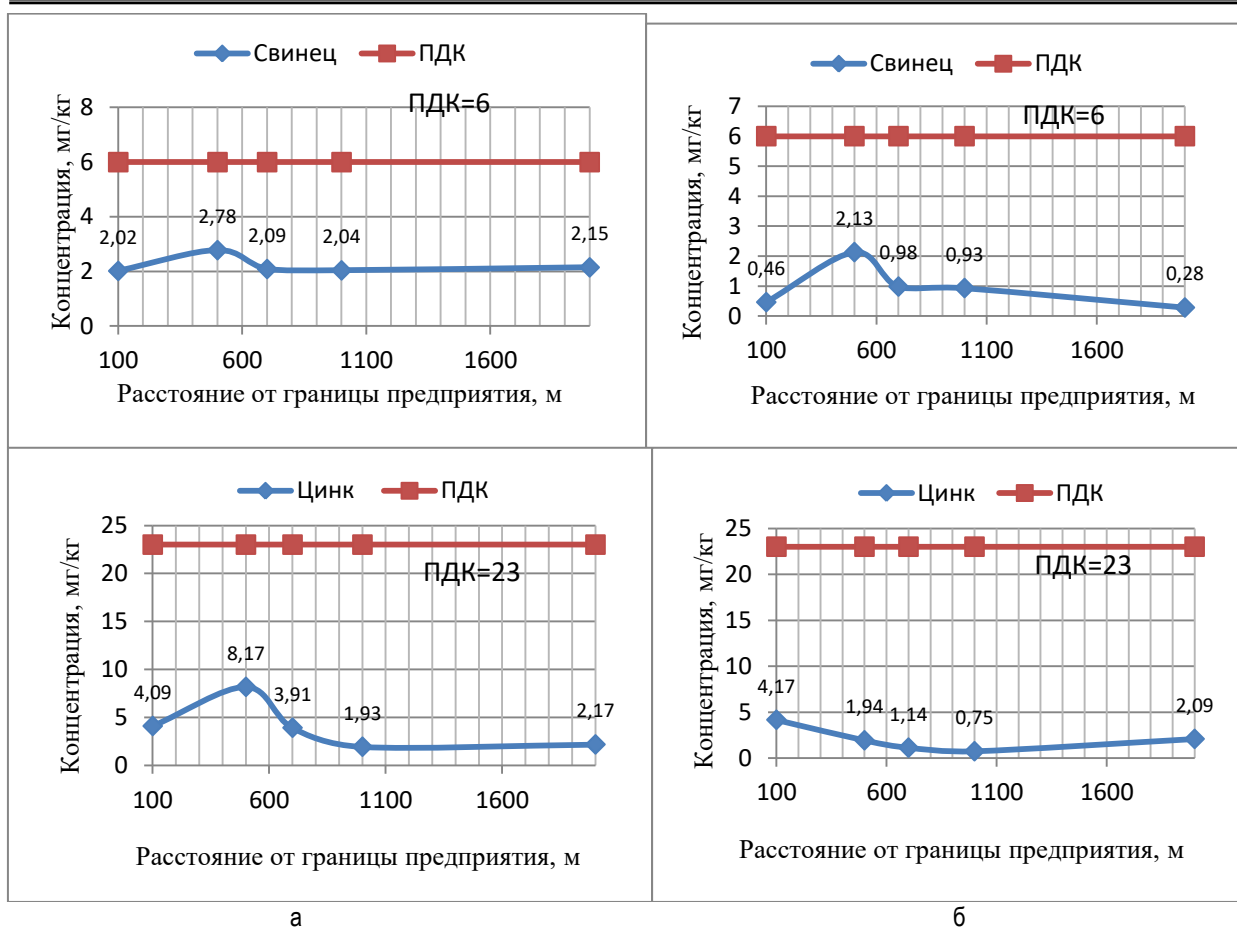


Рис. 4. Динамика распространения подвижных форм тяжёлых металлов в почвах, расположенных в зоне влияния Минусинской ТЭЦ, с учетом направления: а – северо-восточное; б – юго-западное (n=100)

Выводы. Концентрация ионов свинца и цинка в почвах, расположенных в северо-восточном направлении от границы Абаканской ТЭЦ, в 1,5 и 1,8 раза выше, чем в почвах зоны воздействия Минусинской ТЭЦ этого же направления, но находится в пределах норм ПДК.

Наиболее высокие концентрации тяжелых металлов наблюдаются в почвах радиуса 700–2000 м от границ Абаканской ТЭЦ в отличие от почв, приуроченных к Минусинской ТЭЦ, где максимальные концентрации загрязнителей отмечаются на расстоянии 500–1000 м.

Расширение ареала загрязнения почв тяжёлыми металлами, в случае с Абаканской ТЭЦ, обусловлено высотой дымовой трубы, составляющей 120 м, в сравнении с таковой, установленной на Минусинской ТЭЦ, – 100 м.

Литература

1. Hooda P.S. A special issue on heavy metals in soils: editorial foreword // *Adv. Environ. Res.* – 2003. – V. 8. – P. 1–3.
2. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов [и др.]. – Смоленск: Ойкумена, 2004. – 342 с.
3. Алхименко Р.В. [и др.]. Система земледелия Красноярского края на ландшафтной основе: руководство. – Красноярск, 2015. – 592 с.

4. Ересько М.Н. Кислотно-основная буферность почв как индикатор устойчивости экосистемы // *Земля Беларуси.* – 2014. – № 4. – С. 36–44.
5. Лукьянчиков Н.Н. Экономика и организация природопользования. – М.: Тройка, 2002. – 687 с.

Literatura

1. Hooda P.S. A special issue on heavy metals in soils: editorial foreword // *Adv. Environ. Res.* – 2003. – V. 8. – P. 1–3.
2. Klassifikacija i diagnostika pochv Rossii / L.L. Shishov [i dr.]. – Smolensk: Ojkumena, 2004. – 342 s.
3. Alhimenko R.V. [i dr.]. Sistema zemledelija Krasnojarskogo kraja na landshaftnoj osnove: rukovodstvo. – Krasnojarsk, 2015. – 592 s.
4. Eres'ko M.N. Kislотно-osnovnaja bufernost' pochv kak indikator ustojchivosti jekosistemy // *Zemlja Belarusi.* – 2014. – № 4. – S. 36–44.
5. Luk'janchikov N.N. Jekonomika i organizacija prirodnopol'zovanija. – M.: Trojka, 2002. – 687 s.