

УДК 633.88.378.14.51

DOI: 10.17072/2079-7877-2020-4-152-165

**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ И ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ НА СОДЕРЖАНИЕ  
МЕТАЛЛОВ-ПОЛЛЮТАНТОВ В ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЯХ СРЕДНЕГО ПРЕДУРАЛЬЯ  
(О. ЗАКУРЬЕ Г. ЧУСОВОЙ)**

**Александр Дмитриевич Соловьев**

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-7852-3683>

e-mail: [solovev\\_s92@mail.ru](mailto:solovev_s92@mail.ru)

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь*

**Марина Григорьевна Щербань**

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6905-6622>, Author ID: U-6308-2019, Scopus ID: 6505979786

e-mail: [ma-she74@mail.ru](mailto:ma-she74@mail.ru)

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь*

**Мария Дмитриевна Плотникова**

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4050-5682>, Author ID: 885193, Scopus ID: 36657739500

e-mail: [plotnikova-md@mail.ru](mailto:plotnikova-md@mail.ru)

*Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь*

Согласно оценкам всемирной организации здравоохранения, доля препаратов, изготавливаемых на основе лекарственного растительного сырья, возрастает из года в год. Наряду с промышленными препаратами население широко применяет лекарственные растения, заготовленные самостоятельно. Однако лекарственные растения, произрастающие в неблагоприятных экологических условиях, могут нанести серьезный вред здоровью. Таким образом, необходим не только контроль сырья, но и изучение мест произрастания заготавливаемых лекарственных растений, которые в большинстве случаев расположены в непосредственной близости от промышленных объектов. Целью данной работы является комплексное исследование экологического состояния о. Закурье г. Чусового и его растительных сообществ. При планировании работы территорию исследований зонировали в соответствии с удаленностью от предполагаемого источника загрязнения. В процессе работы использовали стандартные методы заготовки и сушки лекарственного растительного сырья (метод челнока), отбора проб почвы (метод конверта) и воды. Исследования проводили кондуктометрическим, потенциометрическим, фотометрическим, титриметрическим, рентгено-флуоресцентным, хроматографическим методами, токсичность проб определяли методом фитоиндикации. Сделан вывод о значительной степени загрязнения поверхностного и глубинного слоев р. Чусовой, почв и лекарственных растений о. Закурье металлами-поллютантами. Наиболее вероятно, что загрязнение окружающей среды связано с неблагоустроенными отвалами доменных шлаков АО «ЧМЗ», расположенными вдоль берега реки.

**Ключевые слова:** цветки пижмы обыкновенной, трава тысячелистника обыкновенного, почва, фитоперифитон, металлы-поллютанты, биоаккумуляция.

**INFLUENCE OF ANTHROPOGENIC AND NATURAL FACTORS ON THE CONTENT  
OF POLLUTANT METALS IN MEDICINAL PLANTS  
OF THE MIDDLE PRE-URAL REGION (ZAKURYE ISLAND IN CHUSOVOY)**

**Alexander D. Solovyev**

ORCID ID <https://orcid.org/0000-0002-7852-3683>

e-mail: [solovev\\_s92@mail.ru](mailto:solovev_s92@mail.ru)

*Perm State University, Perm*

**Marina G. Shcherban**

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6905-6622>, Author ID: U-6308-2019, Scopus ID: 6505979786

e-mail: [ma-she74@mail.ru](mailto:ma-she74@mail.ru)

*Perm State University, Perm*



Экология и природопользование  
Соловьев А.Д., Щербань М.Г., Плотникова М.Д.

**Maria D. Plotnikova**

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4050-5682>, Author ID: 885193, Scopus ID: 36657739500

e-mail: [plotnikova-md@mail.ru](mailto:plotnikova-md@mail.ru)

Perm State University, Perm

According to the estimates of the World Health Organization, the share of medications based on medicinal plant materials is increasing from year to year. Along with industrial drugs, the population widely uses medicinal plants harvested on their own. However, medicinal plants growing in unfavorable environmental conditions can cause serious harm to health. Thus, it is necessary not only to control raw materials but also to study the areas where harvested medicinal plants grow, which in most cases are located in the immediate vicinity of industrial facilities. The purpose of this work was a comprehensive study of the ecological state of Zakurye Island in the town of Chusovoy and its plant communities. When planning the research work, the study area was zoned in accordance with the distance from the alleged source of pollution. In the process of work, we used standard methods of preparation and drying of medicinal plant materials, sampling of soil and water. Chemical analysis was carried out with the use of generally accepted and approved methods. A conclusion is made about a significant degree of pollution with pollutant metals of the surface and deep layers of the Chusovaya River, as well as of soil and medicinal plants near Zakurye Island. Most likely, environmental pollution is associated with poorly maintained dumps of blast-furnace slag from the Chusovoy Metallurgical Plant, located along the river bank.

**К e y w o r d s** : tansy flowers, yarrow herb, soil, phytoperiphyton, pollutant metals, bioaccumulation.

### Введение

На сегодняшний день объем российского рынка лекарственных средств растительного происхождения составляет 11–12 млн дол. США, обнаруживая тенденцию к дальнейшему росту. Согласно оценкам экспертов всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), в течение ближайших пяти лет доля препаратов, изготавливаемых на основе лекарственного растительного сырья (ЛРС), составит порядка 60% общего объема потребляемых лекарственных средств [29; 48]. Одной из причин этой тенденции является то, что более 12% населения земного шара страдает аллергией, в том числе и на синтетические препараты. Среди других объективных причин, вызывающих рост потребительского спроса на лекарственные средства растительного происхождения, следует указать такие, как относительная безопасность действия, практически полное отсутствие побочных эффектов, возможность сочетать лекарственные травы с синтетическими препаратами, и, что немаловажно, ценовая доступность [32].

На территории Пермского края произрастает более 100 видов дикорастущих лекарственных растений, что составляет, с одной стороны, всего лишь 6% общей флоры, а с другой – это около 30% общего числа растений, являющихся официальными в РФ [16; 42]. Из них на территории Чусовского района локализуются такие виды лекарственных растений (ЛР), как душица обыкновенная (*Origanum vulgare* L.), зверобой пятнистый (*Hypericum maculatum* Crantz), крапива двудомная (*Urtica dioica*), мать-и-мачеха обыкновенная (*Tussilago farfara* L.), пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.), тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.). [1; 17; 23; 24; 41].

По результатам проведенного нами социологического опроса, 62% опрошенных жителей г. Чусового использует лекарственные средства растительного происхождения, из них 50% заготавливает ЛР самостоятельно. Наиболее популярными видами заготавливаемого населением ЛРС являются тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium* L.) и пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare* L.).

Учитывая, что основу экономики района определяют предприятия горно-металлургического комплекса [35], необходима оценка экологических рисков [21; 22; 47], вызванных воздействием предприятий, на качество ЛРС, в связи с чем тема исследования, несомненно, актуальна.

Геохимические параметры загрязнения территорий городской среды промышленных центров связаны с вредными химическими веществами, присутствующими в воздухе в виде аэрозолей. По мере укрупнения частиц аэрозоли разрушаются, оседая вблизи источника загрязнения и накапливаясь на поверхности почвенного покрова, что приводит к его антропогенной трансформации [3; 45].

Ареал зоны загрязнения и его степень зависят от направления и скорости потока загрязняющих веществ, которые определяются розой ветров, природой, степенью дисперсности, частотой и интенсивностью выбросов частиц, рельефом местности и другими факторами [31].

*Экология и природопользование*  
*Соловьев А.Д., Щербань М.Г., Плотникова М.Д.*

Однако основную опасность для окружающей среды представляют металлы-поллютанты (МП), накапливающиеся в шахтных и подотвальных водах [44], образующихся на горно-обогатительных комбинатах на всех этапах производства, включая добычу, обогащение и переработку руд, и содержащиеся в водах как в виде растворимых солей, так и в виде взвесей. Количество стоков настолько велико, что использовать всю воду, прошедшую очистку на предприятии, в повторном цикле невозможно, поэтому большая часть стоков сбрасывается в водоемы, впоследствии проникая в почвы [38].

Помимо значительных количеств сточных вод предприятия в больших количествах складировывают шлаки, размещая их на террасах или высокой пойме – на берегах водоема, периодически заливаемых во время половодья. Это ведет к дополнительному загрязнению пойменных почв и берегов водоема растворимыми солями МП [2; 26; 27]. Еще одним осложняющим экологическую обстановку фактором, учитывая географическое положение региона, являются атмосферные осадки, которые, выпадая в больших количествах, способствуют вымыванию загрязняющих веществ из шлаков и последующему их проникновению в почвы, которые, находясь в постоянном непосредственном взаимодействии с другими экологическими системами – атмосферой, гидросферой [18], растительным миром, становятся опосредованным источником поступления МП в организм человека [37].

Вследствие своей высокой поглотительной способности почва является емким акцептором солей МП. Накапливаясь в ней, они значительно снижают плодородие и микробиологическую активность почвы, что отрицательным образом сказывается на росте и развитии растений, в том числе и лекарственных. Повышенное содержание МП в почве вызывает нарушение защитных и регулирующих механизмов растений, не способных препятствовать поступлению МП в вегетативные органы [49].

В этом случае как ЛР, собранные на загрязненных МП участках, так и фитопрепараты, изготовленные на основе собранного ЛРС, могут содержать критические для здоровья человека концентрации солей МП [5; 19; 36].

Целью исследований является оценка степени загрязнения металлами-поллютантами наиболее популярных видов лекарственных растений, произрастающих на о. Закурье г. Чусового Пермского края и заготавливаемых местным населением.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить характеристики исследуемой территории;
- отобрать пробы почвы и воды, произвести сбор лекарственного растительного сырья;
- выполнить анализ проб почвы, воды на содержание МП методами физико-химического анализа;
- выявить степень токсичности проб воды и почвы методом фитоиндикации;
- методами физико-химического анализа определить содержание МП в образцах лекарственного растительного сырья, заготавливаемого местным населением.

Авторы выражают благодарность канд.фарм.наук, доценту кафедры фармакогнозии с курсом ботаники ФГБОУ ВО ПГФА Г.А. Ивановой и канд.фарм.наук, старшему преподавателю кафедры фармакогнозии с курсом ботаники ФГБОУ ВО ПГФА Д.К. Гуляеву.

### **Характеристика района исследований**

#### *Город Чусовой*

Чусовской муниципальный район расположен в восточной части Пермского края и граничит: на севере – с Гремячинским, на востоке – с Горнозаводским, на юге – с Лысьвенским, на юго-западе – с Кунгурским, на западе – с Добрянским и Пермским районами. Протяженность с севера на юг – 70 км, с запада на восток – 85 км (рис. 1).

Климат района умеренно-континентальный. Среднегодовая температура воздуха колеблется около 0°C, среднемесячная температура января -16°C, июля +17°C, заморозки отмечаются в мае и сентябре, а в восточной части района их вероятность велика и в июне. Высота снежного покрова достигает 80 см. Продолжительность залегания снежного покрова 170 дней. Преобладающее направление ветра в течение всего года – южное. Продолжительность вегетационного периода 118 дней, сумма температур за этот период 1700. В течение года выпадает 500–700 мм осадков. Территория Чусовского района относится к таежной зоне.

*Экология и природопользование*  
Соловьев А.Д., Щербань М.Г., Плотникова М.Д.

Леса занимают около 70% всей территории района, что составляет около 286 тыс. га, включая как вторичные березовые и осиновые в центральной и западных частях региона, так и пихтово-еловые. Следует отметить, что истощенность леса продолжительными рубками [28] приводит к значительному снижению их водоохранной и защитной функций.

Почвы Чусовского района неоднородны, с преобладанием кислых, слабокислых и тяжелосуглинистых. Содержание органических веществ в последних весьма незначительно. В зоне хвойных лесов в наибольшей степени распространены подзолистые почвы [4; 46].

На территории района насчитывается 45 рек, в том числе один из самых многоводных притоков Камы – р. Чусовая, объем среднегодового стока которой составляет 6,9 км<sup>3</sup>. В Чусовском районе в нее впадают реки Усьва и Лысьва. Подземные воды имеют высокую степень минерализации [39], тем не менее доля их использования для хозяйственно-питьевого водоснабжения приближается к 20%.

Население Чусовского муниципального района составляет порядка 68000 чел.

Чусовской район – территория с монопрофильной экономикой. Градообразующим предприятием является АО «Чусовской металлургической завод» (ЧМЗ), функционирующий с 1878 г. и являющийся предприятием полного цикла. Численность занятых на предприятии сотрудников в 2016 г. составляла 2266 чел. [35]. Наряду с АО «ЧМЗ» в городе функционирует значительное количество предприятий перерабатывающих отраслей, среди которых следует выделить обслуживающие ЧМЗ «УралДомна Ремонт» и «Металлург-сервис».

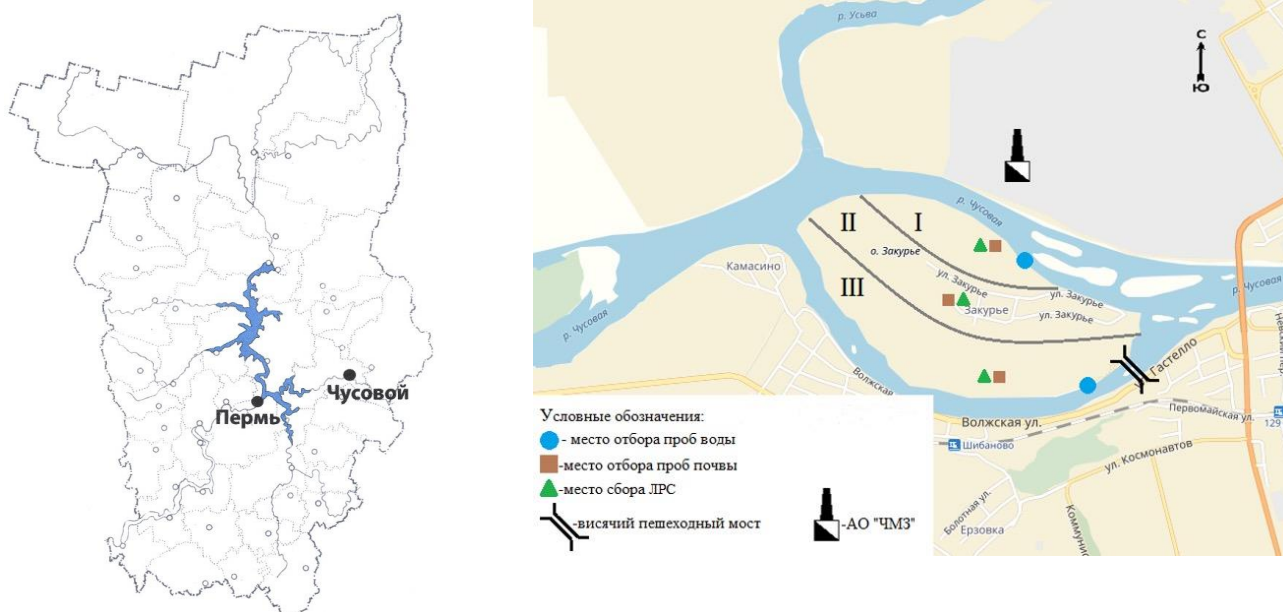


Рис. 1. Географическое положение г. Чусового на карте Пермского края [4] и карта-схема о. Закурье г. Чусового  
 Fig. 1. The geographical location of Chusovoy on the map of the Perm region [4] and schematic map of Zakurye Island in Chusovoy (website: Yandex.Maps <https://yandex.ru/maps>)

### *Остров Закурье*

Остров Закурье – одна из самых старых частей г. Чусового, находящаяся за участком прежнего русла реки. Почва острова аллювиальная серогумусовая легкосуглинистая. Территория острова – заливной луг. Растительность представлена злаково-разнотравными ассоциациями.

Северная часть острова граничит с территорией АО «ЧМЗ», что не может не оказывать отрицательного воздействия на экологическое состояние острова. Такие факторы, как выбросы вредных веществ в атмосферу, затопление территории во время весеннего половодья речной водой, содержащей промышленные стоки, роза ветров данной местности, оказывают неблагоприятное влияние на процессы формирования растительных сообществ и использования острова для выращивания сельскохозяйственных культур.

Учитывая, что на сегодняшний день на острове находится деревня, значительное количество дачных участков, произрастающие на территории острова лекарственные травы заготавливает как местное, так и городское население, тему настоящего исследования следует считать актуальной.

Экология и природопользование  
Соловьев А.Д., Щербань М.Г., Плотникова М.Д.

### Материалы и методы исследования

#### Условия и порядок проведения полевых исследований

Полевые исследования проводили 18 июля 2018 г. Температура достигала 24–26°C, ветер северо-восточный, давление 762 мм. рт. ст., влажность 60%.

Территория острова, в зависимости от степени действия антропогенных факторов, была разделена на зоны: I – «Завод» (северо-восточная и северная части), II – «Деревня» (центральная часть), III – «Мост» (юго-западная и южная части) (рис. 1).

Отбор проб воды производили из р. Чусовая у северного и южного берегов о. Закурье. Всего было отобрано 2 поверхностных и 2 глубинных (взвесь с перифитоном) пробы. Сбор ЛРС осуществляли методом челнока на трех участках (I, II, III) [20]. На содержание МП анализировали наземные части официального ЛРС [16], собранного на территории о. Закурье, находящегося в черте г. Чусового: тысячелистник обыкновенный (*Achillea millefolium L.*), пижма обыкновенная (*Tanacetum vulgare L.*). Характеристика данных объектов исследования приведена в табл. 1.

Внешние признаки влияния загрязнения окружающей среды на изучаемые растения (изменение окраски, пятна, изменения формы вегетативных органов) отсутствовали.

Пробы почвы отбирали методом конверта (I, II, III) [33; 15].

Анализ воды и почвы был проведен согласно стандартным методикам [11–14; 30; 33; 34].

Таблица 1

Характеристики исследуемых объектов  
Characteristics of the studied objects

Характеристика	Тысячелистник обыкновенный ( <i>Achillea millefolium L.</i> )	Пижма обыкновенная ( <i>Tanacetum vulgare L.</i> )
Продолжительность жизни	Многолетнее	Многолетнее
Семейство	Астровые ( <i>Asteraceae</i> )	Астровые ( <i>Asteraceae</i> )
Стебли	Прямостоячие, ветвистые лишь в соцветии, 20–50 см	Многочисленные, прямостоячие, 50–150 см
Листья	Ланцетные или линейные, более или менее опущенные, дваждыперисторассеченные	Очередные, эллиптические, перисторассеченные, короткоопущенные
Соцветие	Корзинки, собранные щитком на верхушке стебля	Цветочные корзинки собраны в густые верхушечные щитки
Плоды	Семянки	Семянки
География	По всей России, кроме северных районов Сибири и Дальнего Востока, пустынных и полупустынных районов Средней Азии	По всей территории России, кроме Крайнего Севера и пустынных районов
Время заготовки	Июнь-июль	Июль-август
Заготавливаемая часть	Трава ( <i>Herba</i> )	Цветки ( <i>Flores</i> )
Срок годности	2 года	3 года
Биологически-активные вещества	Азулены, сложные эфиры, камфора, уксусная и изовалериановая кислоты, дубильные вещества, смолы, горечи, витамины, алкалоидоподобное вещество ахиллен	Флаваноиды (лютеолин и кверцетин), дубильные, горькие вещества, полисахариды
Терапевтические свойства, показания к применению	Обладает противовоспалительным и бактерицидным свойствами, применяется при различных заболеваниях желудочно-кишечного тракта, при язвенной болезни и гастрите	Используют против круглых глистов и при некоторых кишечных заболеваниях, установлены желчегонные и фитонцидные свойства, лечение лямблиоза, холецистита

Степень минерализации проб воды при комнатной температуре оценивали кондуктометрически, измеряя удельную электрическую проводимость (мкСм/см) при помощи кондуктометра «Анион-7020». рН определяли при температуре 20°C потенциметрически с использованием прибора «Анион 4100».

Содержание фосфатов, нитратов, ионов железа (II), (III) в пробах воды определяли фотометрически с использованием соответствующих стандартных методик [11; 12].

Определение фитотоксичности образцов проб почвы проводили, оценивая влияние водных экстрактов почвы на интенсивность прорастания семян редиса сорта «Французский завтрак» [40]. Содержание железа (II) в почве определяли титриметрически с индикатором дифениламиноом [13]. Свободную медь в почве выявляли фотометрическим методом с диэтилдитиокарбаматом свинца согласно [14].

*Экология и природопользование*  
Соловьев А.Д., Щербань М.Г., Плотникова М.Д.

Каталазную активность почвы определяли газометрически по разности парциальных давлений кислорода внутри емкости с почвой и в воздухе в 3-кратной повторности [43].

ЛРС анализировали хроматографически с водно-спиртовым извлечением (40% C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH), в качестве системы растворителей использовали воду и АсОН в соотношении 1:5 (15% раствор АсОН). Хроматограмму рассматривали в УФ лучах до и после обработки 5%-ным спиртовым раствором NaOH. Элементный анализ образцов ЛРС проводили методом энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии с использованием рентгено-флуоресцентного спектрометра «Квантикс».

### Результаты и их обсуждение

#### Анализ проб воды

В ходе исследований отобрали поверхностные гидрохимические пробы воды у северного (I) и южного (III) участков о. Закурье, а также пробы воды с фитоперифитоном (I-II, III-II). Результаты химического анализа воды представлены в табл. 2. Отбор проб воды со взвесью фитоперифитона обоснован его способностью накапливать в себе вещества, что дает возможность оценить загрязнение водоема за длительный период времени [18; 25].

Таблица 2

Сравнительные результаты гидрохимического анализа исследуемых зон / превышение ПДК  
Comparative results of hydrochemical analysis of the studied areas / excess of the maximum permissible concentration

Показатель	I	III	I-II	III-II	ПДК [8]
pH	7,7	7,7	6,9	6,6	6,5–8,5
УЭП, мкСм/см	137,4 / 6,8	137,4 / 6,8	95,8 / 4,8	124,6 / 6,2	20,0
Общая минерализация (NaCl), мг/дм <sup>3</sup>	64,8	64,9	45,2	60,9	1000,0
Fe <sub>общ</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	0,008	0,008	0,026	0,024	0,300
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	0,11 / 2,2	0,11 / 2,2	0,57 / 11,4	0,48 / 9,6	0,05
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	1,0	0,7	1,0	0,9	45,0

Ряд показателей – общая минерализация, концентрации ионов железа и нитрат-ионов, pH среды соответствуют нормам, и их значения близки для разных пробоотборных точек. Однако одновременно отмечено значительное превышение удельной электрической проводимости (УЭП): в 7 раз для поверхностных проб и в 5 и 6 раз в глубинных пробах, отобранных у северного и южного берегов соответственно. Рост электрической проводимости косвенно подтверждает наличие в пробах поллютантов, в качестве которых могут выступать ионы МП, поступление которых возможно из стоков АО «ЧМЗ» и его отвалов. Косвенно это подтверждается несколько повышенным значением pH отобранных нами проб и их близостью к водородному показателю проб, отобранных из скважин, расположенных в зоне влияния отвала [37]. Как в случае поверхностных, так и в случае проб с фитоперифитоном, отмечено повышенное содержание фосфатов, превышающее норму в 2 и 10 раз соответственно. Это дает основание, согласно принятой квалификации, считать поверхностный слой загрязненный, а глубинный – грязным.

Таблица 3

Оценка показателя токсичности воды по всхожести семян и по среднему значению длины зародышевого корешка редиса сорта Французский завтрак, %  
Assessment of the water toxicity indicator by the germination of radish seeds and by the average length of the embryonic root of radish (French Breakfast variety), %

Вариант опыта	Всхожесть семян, %					Среднее значение длины зародышевого корешка, мм			
	Повторность				Токсичность	Повторность			Длина
	1	2	3	Среднее		1	2	3	
Контроль	100	100	100	100	0	40,1	40,4	41,0	40,5±2,7
I	82	82	80	81	19	27,9	28,3	28,8	28,4±2,6
III	86	86	86	86	14	30,6	31,2	30,1	30,6±3,0
Контроль	98	100	96	98	0	22,0	21,9	22,1	22,0±3,5
I-II	76	76	78	77	22	16,2	15,9	15,9	16,0±3,5
III-II	86	82	82	83	15	16,3	15,4	14,3	15,4±3,4

*Экология и природопользование*  
Соловьев А.Д., Щербань М.Г., Плотникова М.Д.

Значение показателя токсичности водных образцов в районе АО «ЧМЗ», а именно у северного берега острова, превысило допустимые значения. Длины зародышевых корешков для обоих берегов имели близкие значения и значительно отставали от аналогичного показателя контрольного образца (табл. 3).

*Анализ проб почвы*

Результаты агрохимического анализа почвы представлены в табл. 4. Анализируя данные таблицы, можно сделать вывод о том, что почва участка II «Деревня» является более загрязненной, чем участков I «Завод» и III «Мост». Так, содержание железа выше более чем в 2 раза, меди – 0,75–2 раза и значительно ниже значение активности каталазы. Согласно гигиеническим нормативам [10], содержание меди в районе «Завод» превышает ПДК в 40 раз, «Деревня» – 54 раза, «Мост» – 27 раз.

Почва в зоне «Завод» имеет щелочную реакцию среды, низкую обеспеченность фосфором и гумусом. Для данной почвы характерно самое высокое значение общей минерализации, которое составляет 84,90 мг/дм<sup>3</sup> в пересчете на NaCl.

Таблица 4

Сравнительные результаты агрохимического анализа исследуемых зон  
Comparative results of agrochemical analysis of the studied areas

Показатель		Зона о. Закурье		
		I	II	III
рН водной вытяжки		8,27	7,43	6,81
рН солевой вытяжки		7,16	6,55	5,97
Общая минерализация (NaCl), мг/дм <sup>3</sup>		84,90	62,20	48,90
Содержание подвижных форм фосфора, мг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 г почвы	Значение	5,44	32,86	5,17
	Степень обеспеченности	Низкая	Высокая	Низкая
Содержание меди, мг/кг		121,90	162,50	82,30
Содержание железа, мг/кг		0,95	2,12	0,84
Концентрация гумуса, %		3,70	3,90	3,10
Каталазная активность почвы, см <sup>3</sup> O <sub>2</sub> на 1 г/мин	Значение	1,8	1,2	2,1
	Степень обогащенности	Бедная	Бедная	Бедная

Таблица 5

Оценка показателя токсичности почвы по всхожести семян редиса и по среднему значению длины зародышевого корешка сорта Французский завтрак, %  
Assessment of the soil toxicity indicator by the germination of radish seeds and by the average length of the embryonic root of radish (French Breakfast variety), %

Вариант опыта	Вхожесть семян, %					Среднее значение длины зародышевого корешка, мм			
	Повторность				Токсичность	Повторность			Длина
	1	2	3	Среднее		1	2	3	
Контроль	100	98	98	99	0	30,7	30,4	30,6	30,6±2,2
I	72	68	74	71	28	20,5	20,6	21,5	20,9±2,3
II	68	72	66	69	30	18,2	18,6	19,1	18,6±2,3
III	76	74	74	75	24	24,1	24,8	25,3	24,7±2,4

Образцы, взятые в зоне «Деревня», имеют нейтральную реакцию среды, низкую обеспеченность гумусом, но избыточное количество фосфора.

Почвенные образцы в зоне «Мост» имеют слабокислую реакцию среды, низкую обеспеченность фосфором и гумусом.

Исследуемая почва характеризуется бедной обеспеченностью ферментом каталазой, что подтверждает загрязнение территории солями МП [50].

Согласно результатам фитоиндикации (табл. 5), почва исследуемой территории является токсичной, и в наибольшей степени это относится к району «Деревня», где проживает большая часть

*Экология и природопользование*  
Соловьев А.Д., Щербань М.Г., Плотникова М.Д.

населения острова. Это может быть связано с тем, что данная зона расположена в центральной части острова, и ее почвы, в отличие от зон «Завод» и «Мост», не промываются паводковыми водами, что, согласно [7; 8], приводит к значительному снижению содержания токсичных веществ.

*Анализ ЛРС*

На первом этапе определяли подлинность сырья, сравнивая хроматограммы образцов ЛРС, собранного на о. Закурье, и стандартного сырья. Схемы хроматограмм представлены на рис. 2–3. Анализ показал, что все опытные образцы ЛРС имеют сходные с соответствующими стандартными образцами хроматографические картины, т.е. они подлинные. Схемы хроматограмм образцов исследуемого сырья представлены различными флюоресценциями, характерными для флаваноидов и органических кислот как до, так и после проявления реактивом. Более насыщенная флюоресценция свидетельствует о большей концентрации этих веществ в собранном ЛРС.

Проведенный элементный анализ ЛРС (табл. 6) свидетельствует о превышении ПДК МП на всей территории острова. Медь и цинк распределены более равномерно. С большой долей вероятности это может быть связано не только с антропогенным фактором, но и с изначально высоким фоновым содержанием элементов в почве, так как значения ПДК, выступающие в качестве критерия безопасности, представляют собой фиксированные значения для широкого набора почв, не учитывающие специфику местности [8].

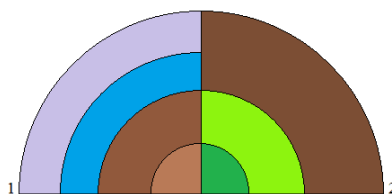


Рис. 2. Схема хроматограммы спиртового (40%) извлечения пижмы обыкновенной в УФ излучении, система растворителей – 15% AcOH: 1 – до проявления; 2 – после проявления 5% спиртовым раствором NaOH

Fig. 2. Schematic chromatogram of alcohol (40%) extraction of tansy in UV radiation, solvent system – 15% AcOH: 1 – before development; 2 – after development with 5% alcohol solution of NaOH

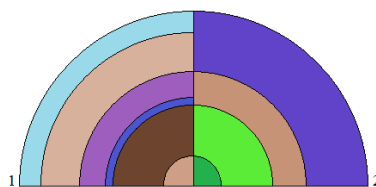


Рис. 3. Схема хроматограммы спиртового (40%) извлечения тысячелистника обыкновенного в УФ излучении, система растворителей – 15% AcOH: 1 – до проявления; 2 – после проявления 5% спиртовым раствором NaOH

Fig. 3. Schematic chromatogram of alcohol (40%) extraction of yarrow in UV radiation, solvent system – 15% AcOH: 1 – before development; 2 – after development with 5% alcohol solution of NaOH

Таблица 6

Сравнительные результаты спектрального анализа ЛРС  
Comparative results of spectral analysis of medicinal plants

Элемент	Содержание элемента, мг/кг / превышение ПДК						ПДК [33]
	Пижма обыкновенная ( <i>Tanacetum vulgare</i> L.)			Тысячелистник обыкновенный ( <i>Achillea millefolium</i> L.)			
	I	II	III	I	II	III	
Cu	24,1 / 4,8	26,4 / 5,3	25,0 / 5,0	32,7 / 6,5	30,4 / 6,1	25,2 / 5,0	5,0
Zn	74,1 / 7,4	72,7 / 7,3	70,9 / 7,1	74,1 / 7,4	92,3 / 9,2	75,0 / 7,5	10,0
Cr	0,0 / –	0,0 / –	4,9 / 24,5	7,7 / 38,5	3,1 / 15,5	3,4 / 17,0	0,2
Ni	3,9 / 7,8	3,5 / 7,0	15,0 / 30,0	2,1 / 4,2	8,6 / 17,2	9,6 / 19,2	0,5
Pb	0,0 / –	5,1 / 10,2	0,0 / –	2,1 / 4,2	0,0 / –	1,0 / 2,0	0,5
Sn	0,0 / –	0,0 / –	0,0 / –	0,0 / –	1,4 / –	0,0 / –	200,0
Fe	121,4 / –	107,5 / –	103,4 / –	182,3 / –	194,8 / –	141,0 / –	–



*Экология и природопользование*  
*Соловьев А.Д., Щербань М.Г., Плотникова М.Д.*

Локальный характер превышения ПДК никеля, хрома, свинца и их значительное содержание в наземной части растений, превышающее норму в 10–40 раз, свидетельствуют об антропогенном характере загрязнений.

Поступление МП, наиболее вероятно, обусловлено несколькими факторами: накоплением пылевидных шлаковых частиц отвалов АО «ЧМЗ» за счет уноса ветром, а также поступлением в почву из грунтовых вод вследствие размывов отвала, имеющего протяженность вдоль береговой линии свыше 850 м, и его периодического вскрытия. Если результатом действия первого фактора является накопление МП в верхнем почвенном слое, то следующие два фактора приводят к значительному загрязнению поверхностных и подземных стоков растворимыми солями. Так, вблизи отвала содержание цинка в районе р. Усьвы превышает фоновые значения в 20 раз, в районе р. Чусовой – в 22 раза [31].

Превышение ПДК МП в образцах ЛРС коррелирует с повышенным содержанием элементов в почве согласно [4]. Авторы монографии также связывают загрязнение территории исследований не только с выбросами АО «ЧМЗ», но и с гидрогенным путем загрязнения во время весенних паводков.

Сравнивая полученные результаты с фоновыми значениями по Пермскому краю [6], можно заключить о превышении содержания МП в исследуемых образцах ЛРС, что также свидетельствует о неблагоприятной экологической обстановке о. Закурье и непригодности территории для сбора ЛР местными жителями.

### **Выводы**

Сброс сточных вод и сток фильтратов со шлаковых отвалов АО «ЧМЗ» негативно влияет на состояние поверхностного и глубинного слоев воды р. Чусовой в районе о. Закурье. Меньшая загрязненность почв зон I и III металлами-загрязнителями связана с промывкой аллювиальных почв паводковыми водами. При оценке степени загрязненности необходимо учитывать не только техногенные, но и природные факторы. В связи с высоким уровнем содержания МП в образцах ЛРС на всей территории острова они становятся непригодными и опасными для заготовок и последующего использования.

Оценивая состояние почвы, воды и растительного покрова, можно сделать вывод о том, что территория острова не является благоприятной как для постоянного места жительства, так и для дачных угодий и места сбора ЛР.

### **Библиографический список**

1. Белоногова В.Д. Ресурсы, экологическая безопасность и фитохимические исследования дикорастущих лекарственных растений Пермского края: автореф. дис. ... д-ра фармац. наук. Пермь, 2009. 39 с.
2. Бреховских В.Ф., Волкова З.В., Катунин Д.Н., Казмирук В.Д., Казмирук Т.Н., Островская Е.В. Тяжелые металлы в донных отложениях Верхней и Нижней Волги // Водные ресурсы. 2002. Т. 29. №5. С. 587–595.
3. Васильев А.А., Лобанова Е.С. Эколого-геохимическая оценка почвенного покрова г. Перми: тяжелые металлы и мышьяк // Пермский аграрный вестник. 2015. Т. 9. С. 34–49.
4. Васильев А.А., Чащин А.Н. Тяжелые металлы в почвах города Чусового: оценка и диагностика загрязнения. Пермь: ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2011. 197 с.
5. Великанова Н. А., Гапонов С. П., Сливкин А. И. Анализ экологического состояния почв и оценка поглощения тяжелых металлов лекарственными растениями (горцем птичьим и подорожником большим) в городе Воронеже и его окрестностях // Экология урбанизированных территорий. 2012. №4. С. 102–106.
6. Власов А.С. Изучение ресурсов, оценка качества сырья, фитоэкологическое картографирование дикорастущих лекарственных растений Пермского края: автореф. дис. ... канд. фармац. наук. Пермь, 2014. 22 с.
7. Водяницкий Ю.Н., Васильев А.А., Савичев А.Т., Чащин А.Н. Влияние техногенных и природных факторов на содержание тяжелых металлов в почвах среднего предуралья (г. Чусовой и его окрестности) // Почвоведение. 2010. № 9. С. 1089–1099.
8. Водяницкий Ю.Н. Концепция гибкого подхода к оценке ориентировочно допустимой концентрации тяжелых металлов и металлоидов в почве // Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева. 2011. № 67. С. 49–66. doi 10.19047/0136-1694-2011-67-49-66.
9. ГН 2.1.5.1315-03. Гигиенические нормативы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. М: Изд-во Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2003.

*Экология и природопользование*  
*Соловьев А.Д., Щербань М.Г., Плотникова М.Д.*

10. ГН 2.1.7.2041-06. «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве», утвержден главным гос. санитарным врачом РФ Г.Г. Онищенко. М.: Изд-во Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2006.
11. ГОСТ 33045-2014. Вода. Методы определения азотсодержащих веществ. М., 2016.
12. ГОСТ 18309-2014. Вода. Методы определения фосфорсодержащих веществ. М., 2016.
13. ГОСТ 27395-87. Почвы. Метод определения подвижных соединений двух- и трехвалентного железа по Веригиной-Аринушкиной. М., 1988.
14. ГОСТ Р 50683-94. Почвы. Определение подвижных соединений меди и кобальта по методу Крупского и Александровой в модификации ЦИНАО. М., 1995.
15. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М., 1986.
16. Государственная фармакопея Российской Федерации. М.: ФЭМБ, 2018. Т. 2.
17. Груданов Н.Ю., Третьякова А.С. Конспект водной и прибрежно-водной флоры природного парка «Река Чусовая» // Вестник Пермского университета. Сер. Биология. 2019. №3. С. 227–239. doi 10.17072/1994-9952-2019-z-227-239.
18. Двинских С.А., Ларченко О.В., Березина О.А. Условия формирования донных отложений и их влияние на экосистему Мотовилихинского пруда г. Перми // Географический вестник. 2017. №1(40). С. 55–65. doi 10.17072/2079-7877-2017-1-55-65.
19. Дьякова Н.А., Самылина И.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П., Кукуева Л.Л., Мындра А.А., Шуцунова Т.Г. Оценка экологического состояния образцов верхних слоев почв и корней одуванчика лекарственного, отобранных на территории Воронежской области // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия, Биология, Фармация. 2016. №2. С. 119–126.
20. Дьякова Н.А. Экологическая оценка лекарственного растительного сырья Воронежской области на примере цветков пижмы обыкновенной // Вестник Нижневартского государственного университета. 2020. №1. С. 19–26. doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/04.
21. Елагина Д.С., Архипова Н.С., Сибгатуллина М.Ш., Рязанов С.С. Содержание тяжелых металлов в горце птичьим и пижме обыкновенной в условиях урбанизированных территорий // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2017. №1. С. 57–66.
22. Зайцева М.В., Кравченко А.Л., Стекольников Ю.А., Сотников Б.А. Тяжелые металлы в системе почва–растение в условиях загрязнения // Ученые записки Орловского государственного университета. 2013. №3(53). С. 190–192.
23. Касьянов З.В., Садырина Е.С. Возможности заготовки востребованного лекарственного сырья в Пермском крае // Электронный периодический научный журнал SCI-ARTICLE.RU. 2015. №25.
24. Касьянов З.В., Турьшева А.Ю., Яковлев А.Б. Систематический анализ лекарственной флоры Коми-Пермяцкого округа Пермского края // Современные проблемы науки и образования (Электронный журнал). 2012. №2.
25. Китаев А.Б., Двинских С.А. Внутригодовая динамика биогенных веществ в камских водохранилищах // Географический вестник. 2016. №1(36). С.87–94.
26. Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Ильина Т.А., Гетьман Е.Н. Оценка техногенной нагрузки на водные объекты по загрязненности донных отложений // Мелиорация и водное хозяйство. 2015. №6. С. 15–19.
27. Коломийцев Н.В., Корженевский Б.И., Толкачев Г.Ю., Гетьман Н.О. Специальные наблюдения за загрязнением тяжелыми металлами донных отложений водных объектов в системе мониторинга // Географический вестник. 2020. №1(52). С. 139–154. doi 10.17072/2079-7877-2020-1-139-154.
28. Королев А.Ю. Методика оценки природной рекреационной системы на примере Чусовского муниципального района // Географический вестник. 2019. №3. С. 102–118. doi 10.17072 / 2079-7877-2019-3-102-118.
29. Крпачина Л. Н., Организация производства лекарственного растительного сырья как перспективное направление развития российских аграрных предприятий // Экономическая наука и практика: мат. II Межд. науч. конф. (г. Чита, февраль 2013 г.). Чита: Молодой ученый, 2013. С. 63–65. URL: <https://moluch.ru/conf/econ/archive/75/3462/> (дата обращения: 28.07.2020).
30. Минеева В.Г. Практикум по агрохимии. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2001. 689 с.
31. Несговорова Н.П., Савельев В.Г., Неумывакина Н.А., Гладких Т.Н. Качество городских почв как показатель интенсивности природопользования // Географический вестник. 2017. №3(42). С. 99–109. doi 10.17072/2079-7877-2017-3-99-109.
32. Обзор Российского рынка лекарственных трав и сборов. Система межрегиональных маркетинговых центров. Информационный портал. URL: <http://www.marketcenter.ru/content/doc-2-10792> (дата обращения: 28.07.2020).
33. Пименова Е.В., Леснов А.Е. Химические методы в агроэкологическом мониторинге почвы. Пермь: ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2008. 145 с.
34. Пименова Е.В. Химические методы анализа в мониторинге водных объектов. Пермь: ФГБОУ ВПО Пермская ГСХА, 2008. 138 с.

Экология и природопользование  
Соловьев А.Д., Щербань М.Г., Плотникова М.Д.

35. Подвицнев О.Б., Рябова О.А. Тенденции трансформации лоббистских структур в органах местного самоуправления малых российских городов (на примере Пермского края) // Вестник Пермского университета. Политология. 2018. №3. С. 138–147. doi 10.17072/2218-1067-2018-3-138-147.
36. Потт Я.И., Бокова Т.И. Содержание меди в лекарственных растениях, произрастающих в поймах рек Иртыша и Оби // Вестник Омского государственного аграрного университета. 2016. №3(23). С. 100–107.
37. Пугин К.Г. Негативное воздействие шлаковых отвалов черной металлургии на объекты окружающей среды на примере города Чусового // Экология урбанизированных территорий. 2011. №2. С. 86–90.
38. Ревво А.В., Хохряков А.В., Медведева И.В., Цейтлин Е.М. Воздействие предприятий горно-металлургического комплекса на динамику загрязнения реки Чусовой // Известия ВУЗов. Горный журнал. 2015. №2. С. 67–74.
39. СанПиН 42-123-4089-86. «Предельно допустимые концентрации тяжелых металлов», М.: Изд-во Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 1986.
40. Селивановская С.Ю., Галицкая П.Ю., Ахметзянова Л.Г., Курынцова П.А. Теория и методы экологического нормирования. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2014. 38 с.
41. Тартаковский А.М. (ред.) Атлас Пермского края. Пермь: Раритет-Пермь, 2012. 142 с.
42. Турьишев А.Ю., Яковлев А.Б., Устинова А.А. Систематический анализ лекарственной флоры Пермского края // Вестник Пермской государственной фармацевтической академии: научно-практический журнал. 2007. №2. С. 292–296.
43. Хазиев Ф.Х. Методы почвенной энзимологии М.: Наука, 2005. 252 с.
44. Хайрулина Е.А. Воздействие фильтрационных вод шламохранилища с солесодержащими отходами на поверхностные и подземные воды // Географический вестник. 2018. №2(45). С. 145–155. doi 10.17072/2079-7877-2018-2-145-155.
45. Хайрулина Е.А., Тимофеев И.В., Кошелева Н.Е. Потенциально токсичные элементы в почвах Индустриального района г. Перми // Географический вестник. 2019. №2(49). С. 80–100. doi 10.17072/2079-7877-2019-2-80-100.
46. Чащин А.Н. Оксиды железа и тяжелые металлы в загрязненных металлургическим производством почвах г. Чусовой (среднее предуралье): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Уфа, 2010. 27 с.
47. Cataldo D.A., Wildung R.E. Soil and plant factors influencing the accumulation of heavy metals by plants // Environmental Health Perspectives. 1978. vol. 27. pp. 149–159. doi.org/10.1289/ehp.7827149.
48. Hordiei K.R., Gontova T.M., Zolotaikina M.Y. The study on the elemental composition of the feverfew herb (*Tanacetum parthenium* (L.) Schultz bip.) // News of Pharmacy. 2018. no. 3(95). pp. 25–29. doi.org/10.24959/nphj.18.2216.
49. Kabata-Pendias A. Trace Elements in Soils and Plants. Fourth Edition. Boca Raton: CRC Press, 2011. 548 p.
50. Schützendubel A., Polle A. Plant responses to abiotic stresses: heavy metal-induced oxidative stress and protection by mycorrhization // Journal of experimental botany. 2002. vol. 53. no 372. pp. 1351–1365. doi.org/10.1093/jexbot/53.372.1351.

#### References

1. Belonogova, V.D. (2009), “Resources, ecological safety and phytochemical studies of wild medicinal plants in the Perm region”, Abstract of D. Sc. dissertation, Pharmaceutical sciences, Perm State Pharmaceutical Academy, Perm, Russia.
2. Brekhovskikh, V.F., Volkova, Z.V., Katunin, D.N., Kazmiruk, V.D, Kazmiruk, T.N. and Ostrovskaya, E.V. (2002), “Heavy metals in sediments of the Upper and Lower Volga”, *Water resources*, vol. 29. no. 5, pp. 587–595.
3. Vasiliev, A.A. and Lobanova, E.S. (2015), “Ecological and geochemical estimation of soil cover in Perm: heavy metals and arsenic”, *Perm Agrarian Journal*, vol. 9 (1), pp. 34–49.
4. Vasiliev, A.A. and Chashchin, A.N. (2011), *Tyazhelyye metally v pochvakh goroda Chusovogo: otsenka i diagnostika zagryazneniya* [Heavy metals in the soils of the city of Chusovoy: assessment and diagnosis of pollution], FGBOU VPO Permskaya GSKHA, Perm, Russia.
5. Velikanova, N.A., Gaponov, S.P. and Slivkin, A.I. (2012), “Analysis of the ecological condition of soils and assessment of absorption of heavy metals by medical plants (*Polygonum aviculare* and *Plantago major*) in the city of Voronezh and its suburbs”, *Ecology of Urban areas*, no. 4, pp. 102–106.
6. Vlasov, A.S. (2014) “Study of resources, assessment of the quality of raw materials, phytoecological mapping of wild medicinal plants of the Perm region”, Abstract of Ph. D. dissertation, Pharmaceutical sciences, Perm State Pharmaceutical Academy, Perm, Russia.
7. Vodyanitskiy, Yu.N., Vasiliev, A.A., Savichev, A.T. and Chashchin, A.N. (2010), “Influence of technogenic and natural factors on the content of heavy metals in soils of the middle Cis-Urals (Chusovoy and its environs)”, *Soil science*, no. 9, pp. 1089–1099.
8. Vodyanitskiy Yu.N. (2011), “The concept of a flexible approach to the assessment of the approximate permissible concentration of heavy metals and metalloids in the soil”, *Bulletin of the Soil Science Institute V.V. Dokuchaev*, no. 67. pp. 49–66. doi 10.19047/0136-1694-2011-67-49-66.
9. Ministry of Health of the Russian Federation (2003), *GN 2.1.5.1315-03: Gigenicheskie normativyi Predelno dopustimyye kontsentratsii (PDK) himicheskikh veshchestv v vode vodnykh ob'ektov hozyaystvenno-pitevogo i kulturno-bytovogo vodopolzovaniya* [GN 2.1.5.1315-03 Hygienic standards. Maximum permissible concentration (MPC) of chemical elements in water of water bodies of domestic, drinking and cultural and domestic water use], Moscow, Russia.

*Экология и природопользование*  
*Соловьев А.Д., Щербань М.Г., Плотникова М.Д.*

10. Federal service for supervision of consumer rights protection and human welfare (2006), *GN 2.1.7.2041-06: Predelno dopustimye koncentracii PDK himicheskikh veshchestv v pochve* [GN 2.1.7.2041-06 The maximum permissible concentration (MPC) of chemicals in the soil], Moscow, Russia.
11. GOST 33045-2014. Voda. Metody opredeleniya azotsoderzhashchikh veshchestv [Water. Methods for the determination of nitrogen-containing substances], Moscow, Russia.
12. GOST 18309-2014. Voda. Metody opredeleniya fosforsoderzhashchikh veshchestv. [Water. Methods for the determination of phosphorus-containing substances], Moscow, Russia.
13. GOST 27395-87. Pochvy. Metod opredeleniya podvizhnykh soyedineniy dvukh- i trekhvalentnogo zheleza po Veriginoy-Arinushkinoy [Soils. Method for determination of mobile compounds of ferrous and ferric iron according to Verigina-Arinushkina], Moscow, Russia.
14. GOST R 50683-94. Pochvy. Opredeleniye podvizhnykh soyedineniy medi i kobal'ta po metodu Krupskogo i Aleksandrovoy v modifikatsii TSINAO. [Soils. Determination of mobile compounds of copper and cobalt by the method of Krupskiy and Aleksandrova as modified by TsINAO], Moscow, Russia.
15. GOST 17.4.4.02-84. Okhrana prirody. Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlya khimicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza [Protection of Nature. Soils. Methods of sampling and preparation of samples for chemical, bacteriological, helminthological analysis], Moscow, Russia.
16. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiiskoi Federatsii* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation] (2018). Moscow, Russia.
17. Grudanov, N.Yu. and Tretyakova, A.S. (2019) "Abstract of aquatic and coastal-aquatic flora of the natural park "Chusovaya River", *Bulletin of Perm University. Ser. Biology*, no. 3. pp. 227-239. doi 10.17072/1994-9952-2019-z-227-239.
18. Dvinskikh, S.A., Larchenko, O.V. and Berezina, O.A. (2017) "The conditions of benthal deposits formation and their effect on the ecosystem (a case study of the Motovilikha pond in Perm)", *Geographical bulletin*, no. 1(40), pp. 55–65. doi 10.17072/2079-7877-2017-1-55-65.
19. Dyakova, N.A., Samylina, I.A., Slivkin, A.I., Gaponov, S.P., Kukuev, L.L., Mindra, A.A., and Shushunova, T.G. (2016), "Assessment of the ecological state of samples of the upper layers of soils and roots of dandelion medicinal taken in the Voronezh region", *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*, no. 2, pp. 119–126.
20. Dyakova, N.A. (2020), "Ecological assessment of medicinal vegetable raw materials of the Voronezh region on the example of flowers of a tansy ordinary", *Bulletin of Nizhnevartovsk State University*, no. 1, pp. 19–26. doi.org/10.36906/2311-4444/20-1/04.
21. Elagina, D.S., Arkhipova, N.S., Sibgatullina, M.Sh., and Ryazanov, S.S. (2017), "Content of heavy metals in knot grass (*Polygonum aviculare* L.) and ginger plant (*Tanacetum vulgare* L.) under urban land conditions", *Proceedings of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*, no. 1, pp. 57–66.
22. Zaytseva, M.V., Kravchenko, A.L., Stekolnikov, Yu.A., and Sotnikov, B.A. (2013), "Heavy metals in soil a plant in pollution", *Scientific notes of Orel State University*, no. 3(53), pp. 190–192.
23. Kasyanov, Z.V. and Sadyrina, E.S. (2015), "Possibilities of procurement of popular medicinal raw materials in the Perm Territory", *Electronic periodic scientific journal SCI-ARTICLE.RU*, no. 25.
24. Kasyanov, ZV, Turysheva, A.Yu. and Yakovlev, A.B. (2012), "Systematic analysis of the medicinal flora of the Komi-Permyak district of the Perm region", *Modern problems of science and education (Electronic journal)*, no. 2.
25. Kitaev, A.B. and Dvinskikh, S.A. (2016), "Intraannual dynamics of nutrients in kama reservoirs", *Geographical bulletin*, no. 1(36), pp. 87–94.
26. Kolomiitsev, N.V., Korzhenevskiy, B.I., Il'ina, T.A. and Get'man, E.N. (2015), "Evaluation of anthropogenic load on water bodies by pollution of sediments", *Melioration and Water Management*, no. 6. pp. 15-19.
27. Kolomiitsev, N.V., Korzhenevskiy, B.I., Tolkachev, G.Yu. and Get'man, N.O. (2020) "Special monitoring of heavy metal pollution in the bottom sediments of water objects", *Geographical bulletin*, no. 1(52). pp. 139–154. Doi 10.17072/2079-7877-2020-1-139-154
28. Korolev, A.Yu. (2019) "Methodology for assessing the natural recreational system on the example of the Chusovsky municipal district", *Geographic Bulletin*, no. 3. pp. 102-118. doi 10.17072 / 2079-7877-2019-3-102–118.
29. Krapchina, L.N. (2013), "Organization of production of medicinal plant raw materials as a promising direction for the development of Russian agrarian enterprises", *Ekonomicheskaya nauka i praktika* [Economic science and practice], *II Mezhdunar. nauch. konf.* [II Intern. scientific. conf.], Chita, Russia, February, pp. 63–65. URL: <https://moluch.ru/conf/econ/archive/75/3462/> (Accessed 28 July 2020).
30. Mineeva, V.G. (2001), *Praktikum po ageokhimi* [Workshop on Agricultural Chemistry], Izd-vo Mosk.un-ta, Moscow, Russia.
31. Nesgovorova, N.P., Savelyev, V.G., Neumyvakina, N.A. and Gladkikh T.N. (2017), "The quality of urban soils as an indicator of the intensity of nature management", *Geographical bulletin*, no. 3(42). pp. 99-109. doi 10.17072/2079-7877-2017-3-99-109.
32. Review of the Russian market of medicinal herbs and fees. System of interregional marketing centers. Informational portal. Available at <http://www.marketcenter.ru/content/doc-2-10792> (Accessed 28 July 2020).

*Экология и природопользование*  
Соловьев А.Д., Щербань М.Г., Плотникова М.Д.

33. Pimenova, E.V. and Lesnov, A.E. (2008), *Khimicheskiye metody v agroekologicheskom monitoringe pochvy* [Chemical methods in agroecological monitoring of soil], FGBOU VPO Permskaya GSKHA, Perm, Russia.
34. Pimenova, E.V. (2008), *Khimicheskiye metody analiza v monitoringe vodnykh ob'yektov* [Chemical analysis methods in monitoring water bodies], FGBOU VPO Permskaya GSKHA, Perm, Russia.
35. Podvintsev, O.B. and Ryabova, O.A. (2018), "Trends in the transformation of lobbying structures in local self-government bodies of small Russian cities (on the example of the Perm Territory)", *Bulletin of Perm University. Political science*, no. 3, pp. 138-147. doi 10.17072 / 2218-1067-2018-3-138-147.
36. Popp, Ya.I., and Bokova, T.I. (2016), "Copper content in medicinal plants growing in the floodplains of the rivers Irtysh and Ob", *Bulletin of Omsk State Agrarian University*, no. 3(23), pp. 100–107.
37. Pugin, K.G. (2011), "The negative impact of slag dumps of ferrous metallurgy on environmental objects on the example of the city of Chusovoy", *Ecology of urbanized territories*, no. 2, pp. 86–90.
38. Revvo, A.V., Khokhryakov, A.V., Medvedeva, I.V. and Zeitlin, E.M. (2015), "The impact of mining and metallurgical enterprises on the dynamics of pollution of the Chusovaya river", *Izvestiya VUZov. Mining Journal*, no. 2. pp. 67–74.
39. Federal service for supervision of consumer rights protection and human welfare (1986), *SanPiN 42-123-4089-86: Predel'no dopustimyye kontsentratsii tyazh yelykh metallov* [SanPiN 42-123-4089-86 Maximum permissible concentrations of heavy metals], Moscow, Russia.
40. Selivanovskaya, S.Yu., Galitskaya, P.Yu., Akhmetzyanova, L.G., Kuryntseva, P.A. (2014), *Teoriya i metody ekologicheskogo normirovaniya* [Theory and methods of environmental regulation], Kazan. un-t, Kazan, Russia.
41. Tartakovsky, A.M. (ed.) (2012) *Atlas Permskogo kraya* [Atlas of the Perm region], Rarity-Perm, Perm, Russia.
42. Turyshv, A.Yu., Yakovlev, A.B. and Ustinova, A.A. (2007), "Systematic analysis of the medicinal flora of the Perm Territory", *Bulletin of the Perm State Pharmaceutical Academy: scientific and practical journal*, no. 2. pp. 292–296.
43. Khaziev, F.Kh. (2005), *Metody pochvennoy enzimologii* [Methods of soil enzymology], Nauka, Moscow, Russia.
44. Khayrulina, E.A. (2018), "Influence of slurry storage facility with salt-bearing wastes on the surface and ground waters", *Geographical bulletin*, no. 2(45), pp. 145-155. doi 10.17072/2079-7877-2018-2-145-155.
45. Khayrulina, E.A., Timofeev, I.V. and Kosheleva, N.E. (2019), "Potentially toxic elements in soils of the Industrial district in the city of Perm", *Geographical bulletin*, no. 2(49), pp. 80-100. doi 10.17072/2079-7877-2019-2-80-100
46. Chashchin, A.N. (2010), "Iron oxides and heavy metals in soils contaminated by metallurgical production in Chusovoy (middle Urals)", Abstract of Ph. D. dissertation, Biological sciences, Perm State Agricultural Academy named after D.N. Pryanishnikova, Ufa, Russia.
47. Cataldo, D. A., and Wildung, R. E. (1978), "Soil and plant factors influencing the accumulation of heavy metals by plants", *Environmental Health Perspectives*, vol. 27, pp. 149-159. doi.org/10.1289/ehp.7827149.
48. Hordiei, K. R., Gontova, T. M., and Zolotaikina, M. Y. (2018), "The study on the elemental composition of the feverfew herb (*Tanacetum parthenium* (L.) Schultz bip.)", *News of Pharmacy*, no. 3(95), pp. 25–29. doi.org/10.24959/nphj.18.2216.
49. Kabata-Pendias, A. (2011), *Trace Elements in Soils and Plants*. 4-th ed., CRC Press, Boca Raton, USA.
50. Schutzenhubel, A., and Polle, A. (2002), "Plant responses to abiotic stresses: heavy metal-induced oxidative stress and protection by mycorrhization", *Journal of experimental botany*, vol. 53, no. 372, pp. 1351–1365. doi.org/10.1093/jexbot/53.372.1351.

Поступила в редакцию: 28.09.2020

**Сведения об авторах**

**Соловьев Александр Дмитриевич**

студент кафедры физической химии, Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614990, Россия, Пермь, ул. Букирева, 15

e-mail: solovev\_s92@mail.ru

**Марина Григорьевна Щербань**

кандидат химических наук, доцент кафедры физической химии, Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614990, Россия, Пермь, ул. Букирева, 15

e-mail: ma-sher74@mail.ru

**Мария Дмитриевна Плотникова**

кандидат химических наук, доцент кафедры физической химии, Пермский государственный национальный исследовательский университет; 614990, Россия, Пермь, ул. Букирева, 15

e-mail: plotnikova-md@mail.ru

**About the authors**

**Alexander D. Solovyev**

Student, Department of Physical Chemistry, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia

**Marina G. Shcherban**

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Department of Physical Chemistry, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia

**Maria D. Plotnikova**

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Department of Physical Chemistry, Perm State University; 15, Bukireva st., Perm, 614990, Russia

---

*Экология и природопользование*  
*Соловьев А.Д., Щербань М.Г., Плотникова М.Д.*

**Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом:**

Соловьев А.Д., Щербань М.Г., Плотникова М.Д. Влияние техногенных и природных факторов на содержание металлов-поллютантов в лекарственных растениях среднего Предуралья (о. Закурье г. Чусовой) // Географический вестник = Geographical bulletin. 2020. №4(55). С. 152–165. doi 10.17072/2079-7877-2020-4-152-165.

**Please cite this article in English as:**

Solovyev, A.D., Shcherban, M.G., Plotnikova, M.D. (2020). Influence of anthropogenic and natural factors on the content of pollutant metals in medicinal plants of the Middle Pre-Ural region (Zakurye Island in Chusovoy). *Geographical bulletin*. No. 4(55). P. 152–165. doi 10.17072/2079-7877-2020-4-152-165.