

Литература

1. Ананьева Н.Д. Микробиологические аспекты самоочищения и устойчивости почв. – М.: Наука, 2003. – 222 с.
2. Звягинцев Д.Г. Строение и функционирование комплекса почвенных микроорганизмов // Структурно-функциональная роль почвы в биосфере. – М.: ГЕОС, 1999. – С. 101–112.
3. Земельный кодекс Российской Федерации. – М.: Эксмо, 2009. – 144 с.
4. Морозова О.Г., Матюшев В.В., Веселкова Н.С. Гидрохимия. Эколого-токсикологические аспекты загрязнения водных экосистем: учеб. пособие. – Красноярск: Изд-во КрасГАУ, 2004. – 136 с.
5. Anderson T.H., Domsch K.H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental condition, such as, pH, on the microbial biomass of forest soil // Soil biol. and biochem. – 1993. – V. 25. – P. 393–395.

Literatura

1. Anan'eva N.D. Mikrobiologicheskie aspekty samoochishhenija i ustojchivo-sti pochv. – M.: Nauka, 2003. – 222 s.
2. Zvjagincev D.G. Stroenie i funkcionirovanie kompleksa pochvennyh mikroorganizmov // Strukturno-funkcional'naja rol' pochvy v biosfere. – M.: GEOS, 1999. – S. 101–112.
3. Zemel'nyj kodeks Rossijskoj Federacii. – M.: Jeksmo, 2009. – 144 s.
4. Morozova O.G., Matjushev V.V., Veselkova N.S. Gidrohimiya. Jekologo-toksikologicheskie aspekty zagrjaznenija vodnyh jekosistem: uceb. posobie. – Krasnojarsk: Izd-vo KrasGAU, 2004. – 136 s.
5. Anderson T.H., Domsch K.H. The metabolic quotient for CO₂ (qCO₂) as a specific activity parameter to assess the effects of environmental condition, such as, pH, on the microbial biomass of forest soil // Soil biol. and biochem. – 1993. – V. 25. – P. 393–395.



УДК 633.8:631.95 (574.4+571.14)

Я.И. Попп, Т.И. Бокова

СОДЕРЖАНИЕ Cd В ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЯХ,
ПРОИЗРАСТАЮЩИХ В ПОЙМАХ РЕК ИРТЫША И ОБИ

Ya.I. Popp, T.I. Bokova

THE CONTENT OF Cd IN MEDICINAL PLANTS GROWING IN THE FLOODPLAINS
OF THE RIVERS IRTYSH AND OB

Попп Я.И. – асп. каф. химии Новосибирского государственного аграрного университета, г. Новосибирск. E-mail: y.aspirant@mail.ru

Бокова Т.И. – д-р биол. наук, проф., зав. каф. химии Новосибирского государственного аграрного университета, г. Новосибирск. E-mail: b0k0va@mail.ru

Popp Ya.I. – Post-Graduate Student, Chair of Chemistry, Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk. E-mail: y.aspirant@mail.ru

Bokova T.I. – Dr. Biol. Sci., Prof., Head, Chair of Chemistry, Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk. E-mail: b0k0va@mail.ru

Для выявления безопасности использования лекарственных растений в лечебных целях исследованы уровни содержания тяжелых металлов (а именно, кадмия (Cd)) в лекарст-

венных растениях, произрастающих в поймах рек Иртыша (г. Семей, р. п. Озёрки) и Оби (г. Бердск). В исследованиях, проведенных в 2013–2016 гг., задействованы полевые и лабо-

рапорные методы. В статье изложен материал по содержанию кадмия в лекарственных растениях в зависимости от видовых, морфологических и систематических особенностей растений. Как показали результаты исследований, концентрация кадмия варьирует от 0,05 до 0,39 мг/кг, в среднем – 0,18 мг/кг. Для всех исследованных участков поймы характерно минимальное накопление элемента в прирусловой зоне, в центральной и притеррасной зонах четкой закономерности в распределении элемента не было выявлено: г. Бердск – притеррасная > центральная > прирусловая; г. Семей – центральная > притеррасная ≥ прирусловая; р. п. Озерки – центральная ≥ притеррасная ≥ прирусловая. По полученным данным, превышение предельно допустимых концентраций по средним значениям (для Cd – 0,18 мг/кг) не выявлено. Но в некоторых видах лекарственных растений, а именно пижме обыкновенной (*Tanacetum Vulgare* L.) (Cd = 0,29 мг/кг), доннике лекарственном (*Melilotus Officinalis* L.) Desr. (Cd = 0,27 мг/кг) наблюдается превышение предельно допустимых значений вне зависимости от участка, зоны поймы. Можно сделать вывод о том, что данные виды лекарственных растений являются концентраторами тяжелых металлов и не могут быть рекомендованы к применению. Также выявлены виды с минимальной концентрацией элементов – одуванчик лекарственный (*Taraxacum Officinale* Wigg.) и клевер луговой (*Trifolium* L.) (Cd = 0,12 мг/кг). Данные виды лекарственных растений следует рекомендовать для сбора, заготовки и применения, так как употребление выше перечисленных лекарственных растений в медицинских целях не представляет риска для здоровья.

Ключевые слова: лекарственные растения, тяжелые металлы, кадмий, концентрация, пойма, эколого-генетические зоны, соцветия, листья, корни.

To determine the safety of using medicinal plants for therapeutic purposes we investigated the levels of heavy metals (namely, cadmium Cd) in medicinal plants growing in the floodplains of the Irtysh (Semei, Ozerki) and the Ob (Berdsk). In the studies conducted in 2013–2016 field and laborato-

ry methods were involved. The study describes the material on the content of cadmium in medicinal plants depending on species, morphological and systematic characteristics of plants. As it was shown by the results of research cadmium concentration varied from 0.05 to 0.39 mg/kg, in average 0.18 mg/kg. Cadmium content in morphological organs in general populations of medicinal plants decreases in the following order: Cd – the roots (0.24) > sheets (0.17) > flowers (0.13). The studied collection of medicinal plants in floodplains of the Irtysh and the Ob on the content of cadmium (mg/kg) were arranged in the following descending order: the Nettle Family – (0.26) > the Family Polygonaceae – (0.25) > Family Umbrella – (0.24) > Valerian Family – (0.23) > the Family Asteraceae – (0.19) = the Family of Legumes – (0.19) = Rosaceae Family – (0.19) = Plantain Family – (0.19) > the Family Labiatae (0.16). The average value of Cd was 0.23 mg/kg. All investigated sections of the floodplain were characterized by minimal accumulation of the element in the riparian zone, the Central area was divided into zones and clear patterns in the distribution of the item was revealed: Berdsk: the area was divided into > central > riparian; Semei: central > area was divided into ≥ riparian; Ozerki: central ≥ area was divided into ≥ riparian. According to the findings, the excess of maximum permissible concentration according to average values for Cd 0.18 mg/kg was not detected. But in some types of herbs, namely, tansy (Cd=0.29 mg/kg), *Melilotus officinalis* (Cd=0.27 mg/kg) the excess of maximum permissible values, regardless of the plot area of the floodplain was observed. We can conclude that these medicinal plants are heavy metals concentrators and cannot be recommended for using. Also the species with minimum concentration of elements – the dandelion and red clover (Cd=0.12 mg/kg) were identified. These types of medicinal plants should be encouraged for gathering, preparation and using, as using of above mentioned medicinal plants for medical purposes does not pose any risk to health.

Keywords: medicinal plants, heavy metals, cadmium, concentration, flood plain, environmental and genetic areas, inflorescence, leaves, roots.

Введение

Актуальность темы. Употребление лекарственных растений, собранных на загрязненных территориях, может угрожать здоровью населения, негативно влияя на работу внутренних органов и физиологические процессы, протекающие в них. Из лекарственного сырья тяжелые металлы переходят в лекарственные формы, а затем поступают в организм человека [1].

Производство гомеопатических лекарственных средств (ГомЛС) должно руководствоваться требованиями, изложенными в правилах GMP. Система обеспечения качества при производстве гомеопатических лекарственных средств определяется на всех этапах производства и отражается в «Руководстве по качеству». Политика в области качества и менеджмент системы качества должны учитывать особенности гомеопатической технологии производства, следовательно, полностью гарантировать выпуск качественной продукции [2].

Поэтому проблема экологической чистоты лекарственных растений становится особенно актуальной и выдвигает одну из актуальных задач: увеличение контроля над качеством растительного сырья с учётом содержания тяжёлых металлов.

Лечение растениями (фитотерапия) и фитопрепаратами в последнее время получило широкое признание в научной медицине. Это дало толчок к резкому увеличению потребности в лекарственном растительном сырье, вызвало необходимость более пристального изучения естественных ресурсов лекарственных растений, организацию их заготовок, охраны и воспроизводства на научной основе.

Цель исследования: выявление уровня содержания кадмия в лекарственных растениях и экологическая оценка, которая позволила бы установить безопасность использования лекарственных растений пойм Иртыша и Оби в лечебных и профилактических целях в зависимости от их видовых, морфологических и систематических особенностей, а также от условий произрастания.

Теоретическая и практическая значимость. Исследования в данном направлении могут послужить основой для получения сведений, которые могут быть использованы в фармацевтике, занимающейся реализацией лекарственного сырья, также для дальнейшего мони-

торинга оценки лекарственных растений пойм Иртыша и Оби, создания и пополнения баз данных содержания химических элементов пойм Иртыша и Оби и в учебных заведениях при чтении лекций студентам биологических, химических и экологических специальностей по дисциплинам «Учение об окружающей среде», «Экология растений», «Экология почв», «Мониторинг окружающей среды» и многим другим.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования являются 19 видов лекарственных растений, относящихся к 9 семействам, собранные на различных участках пойм рек Иртыша (точки отбора на территории Восточно-Казахстанской области) и Оби (точки отбора на территории Новосибирской области), а также почвы, на которых они произрастают.

Для проведения эксперимента и достижения поставленной цели было отобрано и проанализировано около 342 растительных и 18 почвенных образцов на различных участках пойм Иртыша и Оби. Латинское название лекарственным растениям дано по С.К. Черепанову [4]. При определении растений использовался иллюстрированный определитель М.С. Байменова [5].

Для детального изучения выбраны цинк, медь и кадмий, являющиеся тяжелыми металлами и относящиеся к числу наиболее приоритетных загрязнителей Восточно-Казахстанской области и Новосибирской области. Цинк и медь относятся к истинным биоэлементам, они всегда присутствуют в почвах, растениях, тканях живых организмов и участвуют в разнообразных метаболических реакциях. Кадмий является известным токсикантом, канцерогеном и мутагеном.

Материалы и методы исследования. В 2013–2016 гг. проведены комплексные работы по исследованию накопления и распределения ТМ (меди (Cu), цинка (Zn), кадмия (Cd)) в почвах, лекарственных растениях в природных условиях. Отбор растительных и почвенных образцов, их хранение, обработка и подготовка к анализу проводились в соответствии с общепринятыми методическими указаниями и рекомендациями [6].

Исследования проводились с 2013 по 2016 г. на базе лаборатории кафедры экологии и защиты окружающей среды при Государственном Университете им. Шакарима (г. Семей, Казахстан). Все аналитические исследования проведены в аттестованных и аккредитованных лабораториях (табл. 1).

Общая схема хода научного исследования

Исследуемые элементы	Исследуемые растения/почвы	Исследуемые органы растений	Исследуемые участки пойм	Эколого-генетические зоны пойм	Время отбора проб	Количество растительных и почвенных образцов
Zn Cu Cd	Растения: 1. Василек синий 2. Девясил высокий 3. Одуванчик лекарственный 4. Пижма обыкновенная 5. Полынь горькая 6. Ромашка аптечная 7. Цикорий обыкновенный 8. Черёда трёхраздельная 9. Донник лекарственный 10. Клевер луговой 11. Солодка голая 12. Кровохлебка лекарственная 13. Лапчатка прямостоячая 14. Валериана лекарственная 15. Горец перечный 16. Крапива двудомная 17. Мята перечная 18. Подорожник большой 19. Тмин обыкновенный Пойменные каштановые почвы (глубина изъятия почвенных образцов – 0–20 см)	Соцветия Листья Корни	Пойма Иртыша: г. Семей р.п. Озёрки Пойма Оби: г. Бердск	Приусловая Центральная Притеррасная	Во время основного периода вегетации – июнь–сентябрь 2014 г. Каждый вид растения отбирался в рекомендованный временной промежуток	342 растительных (19 видов растений × 3 эколого-генетические зоны × по 3 исследуемого участка каждой поймы = 171 × 2 поймы) и 18 почвенных (из 3 эколого-генетических зон × по 3 исследуемого участка каждой поймы × 2 поймы)

Результаты исследований

Содержание кадмия в лекарственных растениях пойм Иртыша и Оби. Работы многих исследователей свидетельствуют о том, что между химическим составом растений и элементным составом среды существует несомненная связь, а основная масса химических элементов поступает в растения из почв. Тяжелые металлы поступают в растение несколькими путями: из почвы, воздуха, поверхностных и грунтовых вод.

Как показали результаты исследования, концентрация кадмия варьирует от 0,05 до 0,39 мг/кг, в среднем – 0,18 мг/кг (рис. 1).

Содержание химических элементов в лекарственных растениях определяется видовыми, морфологическими и систематическими особенностями растений, а также условиями их произрастания.

Содержание кадмия в общей совокупности в различных видах лекарственных растений представлено в таблице 2.

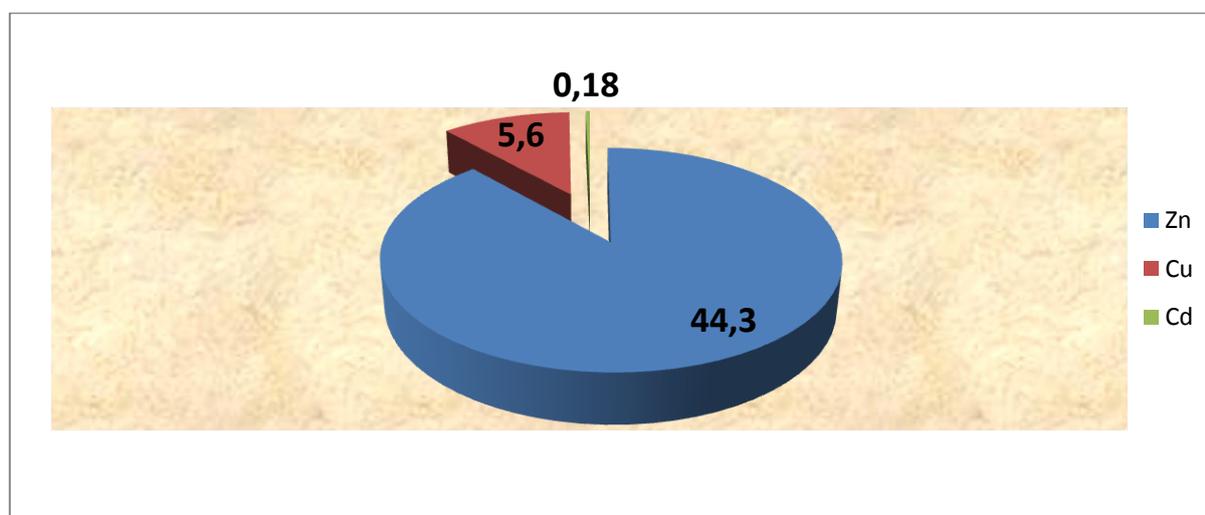


Рис. 1. Суммарное валовое содержание химических элементов в лекарственных растениях поймы р. Иртыша и Оби, мг/кг

Таблица 2
Содержание кадмия в различных видах лекарственных растений поймы Иртыша и Оби, мг/кг

Вид растения	n	lim, мг/кг	CV, %	σ, мг/кг
Василек синий	9	0,17± 0,01	11,8	0,02
Девясил высокий	9	0,18± 0,02	16,7	0,03
Одуванчик лекарственный	9	0,12± 0,01	16,7	0,02
Пижма обыкновенная	9	0,29±0,01	6,89	0,02
Полынь горькая	9	0,13± 0,006	7,69	0,01
Ромашка аптечная	9	0,19± 0,01	10,5	0,02
Цикорий обыкновенный	9	0,16± 0,02	18,8	0,03
Черёда трехраздельная	9	0,15± 0,006	6,7	0,01
Донник лекарственный	9	0,27± 0,01	7,4	0,02
Клевер луговой	9	0,12±0,006	8,3	0,01
Солодка голая	9	0,13± 0,006	7,7	0,01
Кровохлебка лекарственная	9	0,17± 0,01	11,8	0,02
Лапчатка прямостоячая	9	0,18± 0,006	5,6	0,01
Валериана лекарственная	9	0,21± 0,01	9,5	0,02
Горец перечный	9	0,22± 0,01	9,1	0,02
Крапива двудомная	9	0,24±0,01	8,3	0,02
Мята перечная	9	0,15± 0,006	6,7	0,01
Подорожник большой	9	0,18± 0,01	11,1	0,02
Тмин обыкновенный	9	0,22± 0,02	13,6	0,03

Разные виды лекарственных растений обладают селективной способностью к накоплению ТМ. Выявлены виды лекарственных растений с

максимальным и минимальным содержанием кадмия (табл. 3).

Виды растений пойм Иртыша и Оби с минимальным и максимальным уровнем содержания кадмия, мг/кг

Элемент	Виды с минимальным содержанием элемента	Виды с максимальным содержанием элемента
Cd	Одуванчик лекарственный (0,12) Клевер луговой (0,12) Солодка голая (0,13)	Пижма обыкновенная (0,29) Донник лекарственный (0,27) Крапива двудомная (0,24)

Видовая специфика накопления ТМ в растениях при равной концентрации их в почве обусловлена биологическими особенностями: избирательностью поглощения корневыми системами и метаболическими процессами в тканях.

Один и тот же вид растения накапливает разные количества ТМ на разных местообита-

ниях, что обусловлено различием в содержании и биодоступности элементов в почве.

Выявлены закономерности распределения ТМ по органам лекарственных растений. Содержание кадмия в морфологических органах растений в общей совокупности пойм рек Иртыша и Оби представлено в таблице 4.

Таблица 4

Содержание кадмия в морфологических органах лекарственных растений пойм рек Иртыша и Оби, мг/кг

Орган растения	n	Cd
Цветки	57	0,13
Листья	57	0,17
Корни	57	0,24

Данные таблицы 4 говорят о том, что содержание кадмия (Cd) в морфологических органах в общей совокупности лекарственных растений убывает в следующем порядке: корни (0,24) > листья (0,17) > цветки (0,13).

Исходя из представлений Д.А. Сабина [7] об акропетальном и базипетальном характере распределения химических элементов в растениях, можно заключить, что Cd в исследованных лекарственных растениях накапливаются по акропетальному типу. Наибольшее концентрирование металла наблюдается в корнях, что подтверждают многочисленные исследования о защитных способностях корневой системы растений, являющейся своего рода физиологическим барьером на пути поступления ТМ из почвы в надземные органы.

Выявлены закономерности распределения содержания ТМ по семействам лекарственных растений (рис. 2). Исследуемые семейства лекарственных растений пойм рек Иртыша и Оби

по содержанию кадмия (мг/кг) располагаются в следующем убывающем порядке:

Семейство крапивные – (0,26) > Семейство гречишные – (0,25) > Семейство зонтичные – (0,24) > Семейство валериановые – (0,23) > Семейство сложноцветные – (0,19) = Семейство бобовые – (0,19) = Семейство розоцветные – (0,19) = Семейство подорожниковые – (0,19) > Семейство губоцветные – (0,16). Среднее значение для Cd – 0,23 мг/кг.

Также содержание ТМ в лекарственных растениях зависит от условий их произрастания.

Были изучены особенности накопления кадмия на различных участках пойм рек Иртыша и Оби (рис. 3): г. Бердск – р. Обь; г. Семей – р. Иртыш; р. п. Озёрки – р. Иртыш.

Согласно полученным данным более высокие концентрации кадмия наблюдаются в г. Семей, низкие – в р. п. Озёрки, что может быть обусловлено работой промышленных предприятий и транспортной нагрузкой.

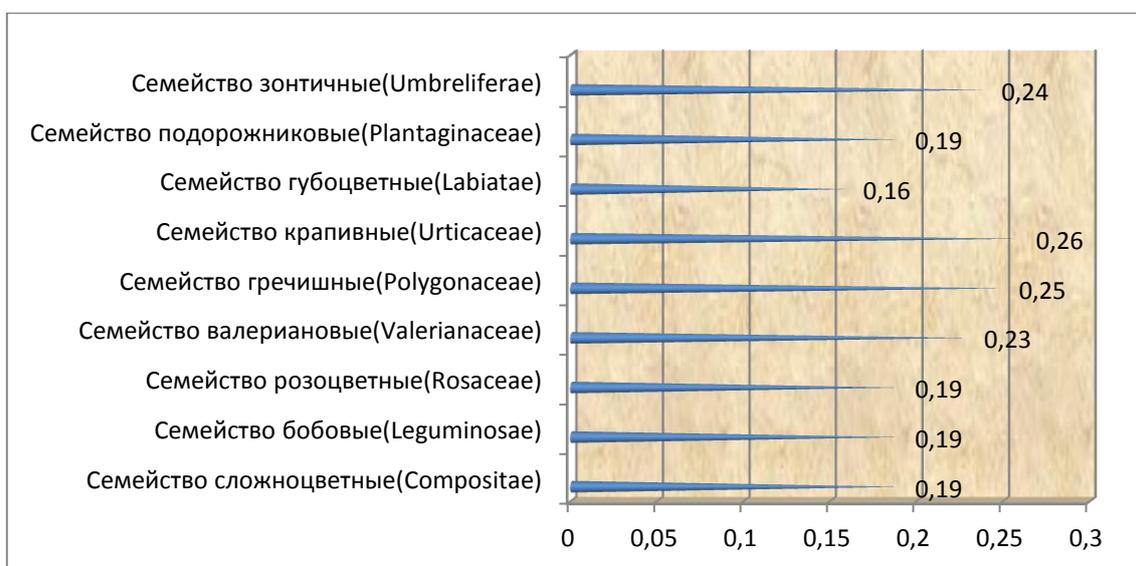


Рис. 2. Содержание Cd в различных семействах лекарственных растений, мг/кг (пойма Иртыша и Оби)

Таблица 5

Содержание кадмия на различных участках поймы р. Иртыша и Оби, мг/кг

Участок поймы рек Иртыша и Оби	Cd
г. Бердск (р. Обь)	0,18
г. Семей (р. Иртыш)	0,20
р.п. Озерки (р. Иртыш)	0,16

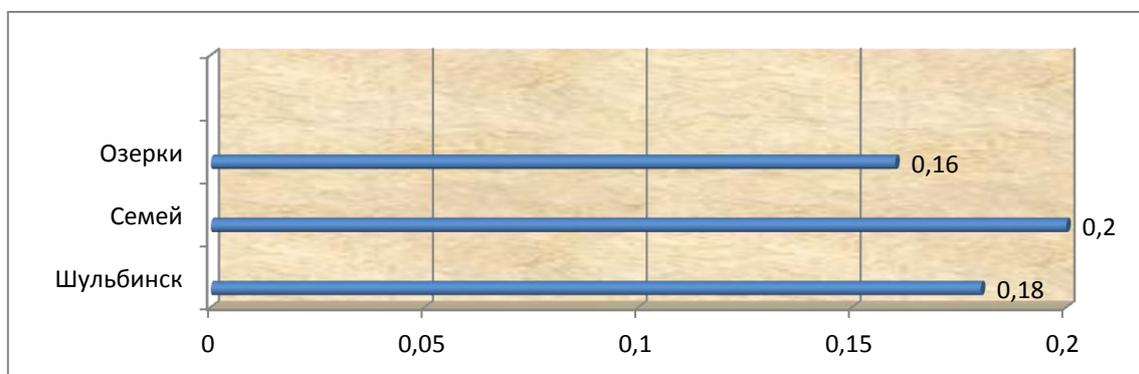


Рис. 3. Содержание кадмия на различных участках пойм р. Иртыша и Оби, мг/кг

Пойма рек Иртыша и Оби делится на три эколого-генетические зоны: прирусловая, центральная, притеррасная.

Изучены особенности накопления ТМ в лекарственных растениях, произрастающих в пре-

делах этих зон. Закономерности в распределении элемента в одних и тех же растениях в зависимости от зоны произрастания показаны в таблице 6.

Распределение кадмия по различным эколого-генетическим зонам пойм Иртыша и Оби, мг/кг

Район взятия проб	Cd
г. Бердск	
Приусловая	0,16
Центральная	0,18
Притеррасная	0,20
г. Семей	
Приусловая	0,18
Центральная	0,23
Притеррасная	0,20
р.п. Озерки	
Приусловая	0,14
Центральная	0,18
Цритеррасная	0,16

Как видно из таблицы 6, для всех исследованных участков поймы характерно минимальное накопление элемента в приусловой зоне, в центральной и притеррасной зонах четкой закономерности в распределении элемента не было выявлено – г. Бердск: притеррасная > центральная > приусловая; г. Семей: центральная > притеррасная ≥ приусловая; р. п. Озерки: центральная ≥ притеррасная ≥ приусловая.

Согласно рядам биологического поглощения, разработанным А.И. Перельманом [8], Cd – слабого накопления и среднего захвата.

Сравнивая полученные данные по содержанию ТМ в растениях пойм рек Иртыша и Оби с уровнем их содержания в растительности разных стран мира и регионов, можно сделать вывод о том, что для лекарственных растений пойм рек Иртыша и Оби характерно пониженное содержание кадмия (0,18 мг/кг).

Таблица 7

Средние уровни содержания кадмия в растительности, мг/кг

Элемент	Полученные данные	Зарубежные страны
Cd	0,18	0,21

Выводы. По полученным данным, превышение предельно допустимых концентраций по средним значениям (для Cd – 0,18 мг/кг), не выявлено. Но в некоторых видах лекарственных растений, а именно пижме обыкновенной (*Tanacetum Vulgare* L.) (Cd = 0,29 мг/кг), доннике лекарственном (*Melilotus Officinalis* L.) Desr. (Cd=0,27 мг/кг) наблюдается превышение предельно допустимых значений вне зависимости от участка, зоны поймы. Можно сделать вывод о том, что данные виды лекарственных растений являются концентраторами тяжелых металлов и не могут быть рекомендованы к применению.

Также выявлены виды с минимальной концентрацией элементов – одуванчик лекарствен-

ный (*Taraxacum Officinale* Wigg.) и клевер луговой (*Trifolium* L.) (Cd=0,12 мг/кг). Данные виды лекарственных растений следует рекомендовать для сбора, заготовки и применения, так как употребление выше перечисленных лекарственных растений в медицинских целях не представляет риска для здоровья.

Литература

1. Государственная фармакопея Российской Федерации XII. Ч. 1. – М., 2008.
2. Пятигорская Н.В., Замаренов Н.А., Гехт А.Е. [и др.]. Современные требования к произ-

- водству гомеопатических лекарственных средств / Традиционная медицина. – 2010. – № 1 (20).
3. *Ерофеев Б.В.* Экологическое право. – М., 2006. – 384 с.
 4. *Черепанов С.К.* Сосудистые растения СССР. – Л.: Наука, 1981. – 510 с.
 5. *Байменов М.С.* Флора Казахстана – Иллюстрированный определитель семейств и родов. – Алматы: Гылым, 1999. – Т. 1. – 5 с.
 6. *Ринькис Г.Я., Рамане Х.К., Куницкая Т.А.* Методы анализа почв и растений. – Рига, 1987. – 174 с.
 7. *Сабинин Д.А.* Физиологические основы питания растений. – М., 1955. – 512 с.
 8. *Перельман А.И.* Геохимия. – М., 1989. – 407 с.
 2. *Pjatigorskaja N.V., Zamarenov N.A., Geht A.E.* [i dr.]. Sovremennye trebovanija k proizvodstvu gomeopaticheskikh lekarstvennyh sredstv / Tradicionnaja medicina. – 2010. – № 1 (20).
 3. *Erofeev B.V.* Jekologicheskoe pravo. – М., 2006. – 384 с.
 4. *Cherepanov S.K.* Sosudistye rastenija SSSR. – L.: Nauka, 1981. – 510 s.
 5. *Bajmenov M.S.* Flora Kazahstana – Illjustrirovannyj opredelitel' semejstv i rodov. – Almaty: Gylym, 1999. – Т. 1. – 5 s.
 6. *Rin'kis G.Ja., Ramane H.K., Kunickaja T.A.* Metody analiza pochv i rastenij. – Riga, 1987. – 174 s.
 7. *Sabinin D.A.* Fiziologicheskie osnovy pitaniija rastenij. – М., 1955. – 512 s.
 8. *Perel'man A.I.* Geohimija. – М., 1989. – 407 s.

Literatura

1. Gosudarstvennaja farmakopeja Rossijskoj Federacii XII. Ch. 1. – М., 2008.

