

**Особенности накопления химических элементов
в надземной массе пойменных растений, произрастающих
в долине р. Юган территории Сургутского района ХМАО-Югры**

**Chemical elements accumulation specifics
in the top of floodplain plants growing in the Yugan river valley
of Surgut District, Khanty-Mansi Autonomous District-Yugra**

Кравченко И. В.¹, Мулюкин М. А.¹, Шепелева Л. Ф.²

Kravchenko I. V.¹, Mulyukin M. A.¹, Shepeleva L. F.²

¹ Сургутский государственный университет, г. Сургут, Россия. E-mails: kravinessa@mail.ru, mulyukin_ma@surgu.ru

¹ Surgut State University, Khanty-Mansi Autonomous District-Yugra, Surgut, Russia

² Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск, Россия. E-mail: shepelevalf@mail.ru

² National Research Tomsk State University, Tomsk, Russia

Реферат. В статье представлен материал по содержанию тяжёлых металлов (Ni, Pb, Cd) в надземной фитомассе растений: болотница болотная (*Eleocharis palustris* (L.) Roem. Schult.), анемонидиум вильчатый (*Anemonidium dichotomum* (L.) Holub), ситник нитевидный (*Juncus filiformis* L.), чина болотная (*Lathyrus palustris* L.), осока острая (*Carex acuta* L.), двукисточник тростниковидный (*Phalaroides arundinacea* L.), вероника длиннолистная (*Veronica longifolia* L.), лапчатка гусиная (*Potentilla anserina* L.), черноголовка обыкновенная (*Prunella vulgaris* L.), осока водяная (*Carex aquatilis* Wahlenb.), произрастающих в долине р. Юган на территории Сургутского района Ханты-Мансийского автономного округа – Югры. Учтены видовые, морфологические и систематические особенности растений. В исследованиях использованы полевые и химические методы. Анализ растительного материала выполнен с помощью атомно-абсорбционного спектрометра МГА 915-МД. Выяснилось, что изученные виды растений различаются по особенностям накопления тяжёлых металлов, а именно: осока водяная больше остальных видов растений накапливает Ni, Pb, Cd, осока острая – Ni, болотница болотная – Ni, двукисточник тростниковидный – Pb, ситник нитевидный – Pb и Cd. Исходя из полученных данных, можно отметить, что содержание Ni, Pb, Cd по всем изученным растениям находилось в пределах нормы.

Ключевые слова. Аккумуляция, надземная часть растений, пойма, тяжёлые металлы, Юган.

Summary. The present article describes the heavy metal content (Ni, Pb, Cd) in the top plant phytomass: blue marsh bog (*Eleocharis palustris* (L.) Roem. Schult.), furcular Anemonidium (*Anemonidium dichotomum* (L.) Holub), bayonet rush (*Juncus filiformis* L.), blue marsh vetchling (*Lathyrus palustris* L.), carex acuta (*Carex acuta* L.), reed canary grass (*Phalaroides arundinacea* L.), clump speedwell (*Veronica longifolia* L.), silverweed cinquefoil (*Potentilla anserina* L.), common burnet (*Prunella vulgaris* L.), and water sedge (*Carex aquatilis* Wahlenb.) growing in the Yugan River valley, Surgut District, Khanty-Mansi Autonomous District – Yugra. Species, morphological and systematic features of plants were accounted. Field and chemical methods were used in the present research. The plant material was analyzed using MGA 915-MD atomic absorption spectrometer. The study revealed that observed plant species differ in heavy metals accumulation specifics, namely: water sedge accumulates Ni, Pb, Cd more than other plant species, sedge sharp – Ni, marsh bog – Ni, reedgrass – Pb, threadfoot – Pb and Cd. Based on the data obtained, we can conclude that Ni, Pb, Cd content was within standard limits in all the studied plants.

Key words. Accumulation, aerial part of plants, floodplain, heavy metals, Yugan.

Введение. В связи с ростом техногенного давления на объекты окружающей среды (вода, воздух, почва) исследования растений на предмет поглощения ими различных поллютантов представляют собой большую значимость. Распространение тяжёлых металлов в природной среде способно при-

вести к отравлению загрязняющими веществами растительно-животного мира и нанести огромный вред здоровью человека (Агаджанян, Скальный, 2001; Лыков и др., 2006; Петухов, Петухова, 2017).

Влияние тяжёлых металлов на различные виды растений обусловлено их аккумуляцией в наземной фитомассе и подземной частях растений (Ефремов и др., 2017). Тяжёлые металлы обладают избирательной способностью к аккумуляции в растительной фитомассе. Так, токсичный микроэлемент – Cd, легко поглощается, эссенциальные микроэлементы Zn и Cu в меньшей степени, а марганец и никель аккумулируются очень слабо. Поэтому в настоящее время данное направление является актуальным для изучения, так как поиск чистого лекарственного растительного сырья является важным для производства фитопрепаратов и лекарственных форм (Гравель, Плыкина, 2010). Нужно отметить тот факт, что растительное сырьё используется для выделения биологически активных веществ (флавоноидные соединения, гликозиды, кумарины, эфирные масла, органические кислоты, витамины, жирные масла и др.) (Растительные ресурсы России, 2008, 2010, 2011, 2014).

Вследствие загрязнения природной среды токсическими элементами выявлены факты угнетения растений в условиях стресса, отмечено нарушение физиолого-биохимических процессов, задержка роста и развития растений, хлороз и некроз (Ильин, Сысо, 2001).

Заготовка растительного сырья и применение его для изготовления фиточаёв, экстрактов, настоев, отваров, порошков, собранных на экологически неблагоприятных территориях, может пагубно повлиять на физиолого-биохимические процессы в организме человека и поэтому целесообразно проводить исследования лекарственного растительного сырья (Соколов, Черников, 1999).

Материалы и методы. Объектом биохимических исследований являются 10 видов растений, обладающих различными целебными свойствами и относящихся к 8 семействам. Эти растения широко распространены на территории Ханты-Мансийского автономного округа-Югры и находят большое применение для производства фитосборов (табл. 1).

Таблица 1

Химические компоненты и биологическая активность растений, произрастающих в долине р. Юган

Вид растений	Семейство	Химические компоненты	Биологическая активность, свойства
<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. et Schult. (Растительные ресурсы России, 2014)	Осоковые	сесквитерпеноиды	антибактериальная, антифунгальная
<i>Anemonidium dichotomum</i> (L.) Holub (Растительные ресурсы России, 2008)	Лютиковые	тритерпеновые сапонины, органические кислоты, витамины	антифунгальная, протистоцидная
<i>Juncus filiformis</i> L. (Растительные ресурсы России, 2014)	Ситниковые	флавоноиды, кумарины, стероиды, каротиноиды, фенолкарбоновые кислоты	противовоспалительные, антиоксидантными, седативными свойствами, антибактериальная активность
<i>Lathyrus palustris</i> L. (Растительные ресурсы России, 2010)	Бобовые	флавоноиды, циклитолы, фенолкарбоновые кислоты, стероиды	антиоксидантные, антигипоксические свойства
<i>Carex acuta</i> L. (Растительные ресурсы России, 2014)	Осоковые	высшие жирные кислоты	гипотензивное действие
<i>Phalaroides arundinacea</i> (L.) Rausch. (Растительные ресурсы России, 2014)	Злаки	антоцианы, азотсодержащие соединения	антибактериальная активность, антиоксидантные свойства
<i>Veronica longifolia</i> L. (Растительные ресурсы России, 2011)	Норичниковые	флавоноиды, циклитолы, иридоиды	антибактериальная, нематодоцидная активность
<i>Potentilla anserina</i> L. (Растительные ресурсы России, 2009)	Розоцветные	тритерпеноиды, стероиды, фенолы, высшие жирные кислоты, жирное масло	противовоспалительные, радиопротекторные, желчегонные свойства, антибактериальная активность

Окончание таблицы 1

<i>Prunella vulgaris</i> L. (Растительные ресурсы России, 2011)	Яснотковые	тритерпеноиды, кумарины, флавоноиды, антоцианы, антрахиноны, азотсодержащие соединения, стероиды	гипотензивные, противосудорожные, жаропонижающие, гипогликемические свойства
<i>Carex aquatilis</i> Wahlenb. (Растительные ресурсы России, 2014)	Осоковые	флавоноиды, фосфорсодержащие соединения	гипотензивное действие

Сбор и подготовка растительного материала к химическому анализу проводились в соответствии с общепринятыми методическими указаниями (Ринькис и др., 1987). В ходе работы были отобраны наземные части растений (листья, стебли). Геоботаническое описание и определение растений выполнено с помощью стандартных методов (Полевая геоботаника, 1959–1972; Определитель растений ..., 2006).

При определении содержания тяжёлых металлов (Ni, Pb, Cd) в растительном материале применялся метод атомно-абсорбционной спектроскопии. Анализ растительных образцов выполнен с помощью атомно-абсорбционного спектрометра МГА 915-МД (ГОСТ 30178-96).

Исследования проводились в лаборатории Центра коллективного пользования Сургутского государственного университета в рамках проекта «Технология выращивания и извлечения биологически активных соединений северных ягодных культур и лекарственных трав (ЮграБиоФарм)», а также согласно государственному заданию Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (проект № FSWM-2020-0019).

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета анализа данных программы Microsoft Excel.

Разные виды растительного материала обладают разной избирательной способностью к накоплению металлов (табл. 2).

Таблица 2

Содержание тяжёлых металлов в зелёной массе растений, произрастающих в долине р. Юган

Вид растения	Ni, мг/кг	Pb, мг/кг	Cd, мг/кг
Двуклосточник тростниковидный	0,91 ± 0,01	4,30 ± 0,19	0,25 ± 0,02
Вероника длиннолистная	0,44 ± 0,03	2,32 ± 0,15	0,27 ± 0,01
Лапчатка гусиная	0,80 ± 0,07	2,43 ± 0,15	0,77 ± 0,03
Болотница болотная	1,40 ± 0,07	2,21 ± 0,08	0,47 ± 0,02
Черноголовка обыкновенная	0,68 ± 0,08	2,25 ± 0,03	0,17 ± 0,008
Анемонидиум вильчатый	0,95 ± 0,06	2,75 ± 0,11	0,59 ± 0,03
Ситник нитевидный	0,85 ± 0,02	3,62 ± 0,006	0,84 ± 0,03
Чина болотная	0,70 ± 0,07	0,91 ± 0,04	0,62 ± 0,07
Осока острая	2,92 ± 0,09	1,69 ± 0,06	0,75 ± 0,03
Осока водяная	2,40 ± 0,19	3,09 ± 0,07	1,18 ± 0,07

Высокое содержание никеля (Ni) выявлено в наземной массе следующих видов растений: осока острая и осока водяная. Значительное количество Ni также выявлено в образцах болотницы болотной. Более низкое содержание этого элемента установлено в образцах вероники длиннолистной (табл. 2). По данным В. Б. Ильина (1991), нормальной концентрацией Ni для растительной фитомассы считается от 0,0 до 9,0 мг/кг сухого вещества, а критической – 20,0–30,0 мг/кг (Джанаев, 2004).

Наибольшее поглощение свинцом (Pb) отмечено у двуклосточника тростниковидного, ситника нитевидного и осоки водяной. В ходе работы выявлены виды растений со средней концентрацией Pb: анемонидиум вильчатый, лапчатка гусиная, вероника длиннолистная, черноголовка обыкновенная, болотница болотная. Чина болотная и осока острая содержат меньшее количество свинца в зелёной массе (табл. 2). Концентрация Pb считается нормальной от 0,1 до 5,0 мг/кг сухого вещества (Ильин, 1991), а свыше 10 мг/кг является токсичной для большинства растений (Реуце, Кырстя, 1986).

Наибольшее содержание кадмия (Cd) выявлено в зелёной массе ситника нитевидного и осоки водяной. Черноголовка обыкновенная, двукисточник тростниковидный и вероника длиннолистная характеризуются слабым накоплением кадмия. Для остальных видов установлено среднее содержание этого элемента (табл. 2). По данным Н. А. Черных, Н. З. Милащенко, В. Ф. Ладонина (1999), ПДК подвижных форм Cd составляет 1 мг/кг. Нормальной концентрацией Cd для растений считается 0,05–0,20 мг/кг, а критической – 5,0–10,0 мг/кг сухого вещества (Джанаев, 2004).

Заключение. Выяснилось, что изученные виды растений различаются по особенностям накопления тяжёлых металлов, а именно: осока водяная больше остальных видов растений накапливает Ni, Pb, Cd, осока острая – Ni, болотница болотная – Ni, двукисточник тростниковидный – Pb, ситник нитевидный – Pb и Cd. Исходя из полученных данных, можно отметить, что содержание Ni, Pb, Cd по всем изученным растениям находилось в пределах нормы.

ЛИТЕРАТУРА

Агаджанян Н. А., Скальный А. В. Химические элементы в среде обитания и экологический портрет человека. – М.: КМК, 2001. – 83 с.

ГОСТ 30178-96. Сырьё и пищевые продукты. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200021152> (Дата обращения 12.04.2022).

Гравель И. В., Плыкина Е. А. Сравнительный анализ требований зарубежных фармакопей к качеству лекарственного растительного сырья по содержанию тяжёлых металлов // Традиционная медицина, 2010. – № 1(20). – С. 49–54.

Джанаев З. Г. Почвенно-агрохимическая оценка состояния плодородия почв Северного Кавказа. – М.: МГУ, 2004. – С. 600–725.

Ефремов А. Н., Иминова Д. Е., Алехина Е. А., Дюсембаев С. Т. Содержание химических элементов в фитомассе некоторых представителей семейства Hydrocharitaceae // Химия растительного сырья, 2017. – № 1. – С. 107–111.

Ильин В. Б. Тяжёлые металлы в системе почва-растение. – Новосибирск: Наука, 1991. – 150 с.

Ильин В. Б., Сысо А. И. Микроэлементы и тяжёлые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. – Новосибирск.: Изд-во СО РАН, 2001. – 229 с.

Лыков И. Н., Шестакова Г. А., Клименко Е. А. Оценка воздействия загрязнения окружающей среды тяжёлыми металлами на физическое развитие и состояние функциональных систем подростков // Экология человека, 2006. – № 4. – С. 10–15.

Определитель растений Ханты-Мансийского автономного округа / под ред. И. М. Красноборова. – Новосибирск – Екатеринбург: Издательство «Баско», 2006. – 304 с.

Петухов А. С., Петухова Г. А. Биохимические механизмы защиты при накоплении тяжёлых металлов в организмах // Гигиена и санитария, 2017. – № 96(2). – С. 114–117.

Полевая геоботаника. Т. 1–4. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1959–1972.

Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 6. Семейства Rutaceae – Turpaceae / Отв. ред. А. Л. Буданцев. – СПб.; : Тов-во науч. изд. КМК, 2014. – 391 с.

Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 1. Magnoliaceae – Juglandaceae, Ulmaceae, Moraceae, Cannabaceae, Urticaceae / Отв. ред. А. Л. Буданцев. – СПб.; М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 421 с.

Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 2. Семейства Actinidiaceae – Malvaceae, Euphorbiaceae – Haloragaceae / Отв. ред. А. Л. Буданцев. – СПб.; М.: Товарищество научных изданий КМК, 2009. – 513 с.

Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 3. Семейства Fabaceae – Apiaceae / Отв. ред. А. Л. Буданцев. – СПб.; М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2010. – 601 с.

Растительные ресурсы России: Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 4. Saprifoliaceae – Lobeliaceae / Отв. ред. А. Л. Буданцев. – СПб.; М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2011. – 630 с.

Реуце К., Кырстя С. Борьба с загрязнителями почв. – Агропромиздат, 1986. – 221 с.

Ринькис Г. Я., Рамане Х. К., Куницкая Т. А. Методы анализа почв и растений. – Рига: Зинатне, 1987. – 174 с.

Соколов О. А., Черников В. А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие. Книга 1. Атлас распределения тяжёлых металлов в объектах окружающей среды. – Пушкино, ОНТИ ПНЦ РАН, 1999 – 164 с.

Черных Н. А., Милащенко Н. З., Ладонин В. Ф. Экотоксикологические аспекты загрязнения почв тяжёлыми металлами. – М.: Агроконсалт, 1999. – 176 с.