

Литература

1. Бабушкин В. Е. Обзор минерально-сырьевой базы Алтая. – Бийск, 2012. – 32 с.
2. Управление природных ресурсов и охраны окружающей среды Алтайского края. О состоянии и об охране окружающей среды в Алтайском крае в 2013 году. – Барнаул, 2011. – 190 с.
3. WWW.TopContent.
4. <https://ochv.ru/magazin/product/skandiy-metallicheskiy-kuski>.

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ И РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВОДНЫМИ РАСТЕНИЯМИ СЕМЕЙСТВА РЯСКОВЫЕ (*Lemnaceae*) НА ТЕРРИТОРИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

А. Ю. Барановская

*Томский политехнический университет
Томск, Россия, kyzmen44@mail.ru*

FEATURES OF THE RADIOACTIVE AND RARE EARTH ELEMENTS ACCUMULATION BY *Lemnaceae* FAMILY AQUATIC PLANTS IN THE TOMSK REGION

A. Yu. Baranovskaya

*Tomsk Polytechnic University
Tomsk, Russia, kyzmen44@mail.ru*

The elemental composition of duckweed in 10 districts of the Tomsk region has been studied, the intraregional specificity concentration of elements in the macrophyte has been established, the distribution of radioactive and rare earth elements in the plant has been studied in detail in the region. The microelement composition of plant family Lemnaceae is characterized by high information content regarding the ecogeochemical state of the growing environment.

Введение

Территория Томской области характеризуется наличием различных экогеохимических обстановок, обусловленных присутствием месторождений полезных ископаемых. Регион характеризуется наличием крупных нефтегазоносных районов (Александровский и Парабельский районы); районов размещения железных руд (Бакчарский, Кожевниковский), циркон - ильменитовых россыпей в области Ковыль-Томской складчатой зоны (Томский район), не стоит исключать и золотоносность юга региона [8]. Стоит обратить внимание и на неравномерность техногенной нагрузки в регионе. Наиболее урбанизированной территорией, характеризующееся наибольшим техногенным прессингом, является Томский район, что подтверждается наличием так называемой «Томск-Северской промышленная агломерации», Северного промышленного узла (СПУ), где на ограниченной территории расположено более 30-ти предприятий различных отраслей [5, 7].

В настоящий момент высокий интерес вызывает изучение геохимических и геоэкологических обста-

новок Томской области с применением различных индикаторов [6], большое внимание привлекает именно изучение проблем биогеохимии территории в отношении радиоактивных и редкоземельных элементов, роль которых в живых организмах остается недостаточно изученной.

Исследование элементного состава макрофитов, а именно ряски, как индикатора окружающей среды, сравнительно новое направление в экологической геохимии и биогеохимии. Особый интерес представляет оценка степени реагирования ряски на различные локальные геохимические аномалии, обусловленные как природными, так и техногенными факторами [1–4]. При этом интерес к исследованию сорбционных способностей данного водного растения возник уже несколько десятков лет назад. Об этом свидетельствует работа «Исследование ряски и воды на содержание радиоактивных элементов ториевого ряда» Б. К. Бруновского и К. Г. Кунашевой [3], авторы которой входили в состав первой в мире лаборатории БИОГЕЛ.

Материалы и методы

Целью настоящей работы является изучение особенностей накопления радиоактивных и редкоземельных элементов водными растениями семейства рясковые (*Lemnaceae*) на территории Томской области.

Отбор проб производился во время вегетационного периода макрофита. Отбирались образцы проб двух родов (*Lemna*, *Spirodela*) рясковых, произрастающих на территории следующих районов Томской области: Александровский, Каргасокский, Парабельский, Бакчарский, Асиновский, Первомайский, Верхнекетский, Кожевниковский, Шегарский и Томский.

Основными аналитическими методами определения химических элементов в исследуемых пробах макрофитов в данной работе послужили: инструментальный нейтронно-активационный анализ (аналитик с.н.с А. Ф. Судыко) на базе Томского политехнического университета и масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой на базе НОЦ «Вода» ТПУ.

Результаты и их обсуждение

Для каждого исследуемого района Томской области определены коэффициенты концентрации (КК) радиоактивных и редкоземельных элементов в ряске, которые рассчитывались путем нормирования среднего значения по району к полученному среднему в ряске для региона (таблица 1).

Согласно данным представленным в таблице 1 элементный состав рясковых характеризуется высокой вариативностью на территории Томской области. Наиболее широкий спектр радиоактивных и редкоземельных элементов, концентрации которых выше среднего, обнаружены для макрофитов, произрастающих на территории Кожевниковского, Томского, Парабельского и Бакчарского районов. Наиболее узким спектром характеризуются северные районы региона (Александровский, Каргасокский районы).

Результаты аналитических исследований с использованием масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой позволили определить содержание 14 элементов относящихся к группе редкоземельных (La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu). Наибольшее значение суммы РЗЭ обнаружены для северных и центральных районов региона (Рис. 1)

Изучены индикаторные соотношения некоторых радиоактивных и редкоземельных элементов ряске на территории Томской области. Наиболее информативным из чаще используемых соотношений, является Th/U. Так для исследуемого региона среднее значения Th/U – 1,2. Большая часть исследуемой

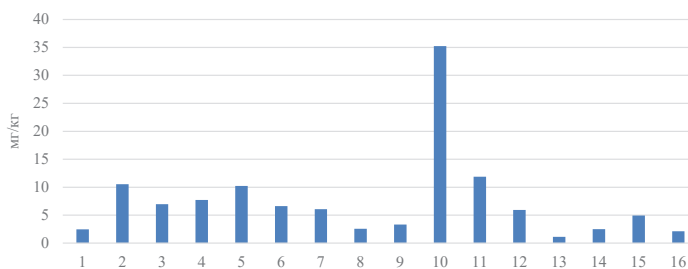


Рис. 1. Сумма 14-ти редкоземельных элементов в ряске на территории Томской области

1 – Александровский, 2 – Каргасокский, 3 – Парабельский, 4 – Колпашевский, 5 – Верхнекетский, 6 – Чаинский, 7 – Бакчарский, 8 – Молчановский, 9 – Кривошеинский, 10 – Первомайский, 11 – Тегульдетский, 12 – Зырянский, 13 – Асиновский, 14 – Шегарский, 15 – Томский, 16 – Кожевниковский.

выборки рясковых характеризуется преимущественно ториевой природой. Наибольшее содержание Th обнаружено для ряски из с.Апсагачево. Наибольшее содержание урана обнаружено в рясковых, произрастающих в водоемах в окрестностях с. Озерное, с. Инкино, с. Молчаново и с. Осиновка.

Заключение

Полученные результаты элементного состава ряски на территории 10 районов Томской области позволили установить внутрирегиональную специфику концентрирования элементов в макрофите по отношению к радиоактивным и редкоземельным элементам. Микроэлементный состав растений семейства

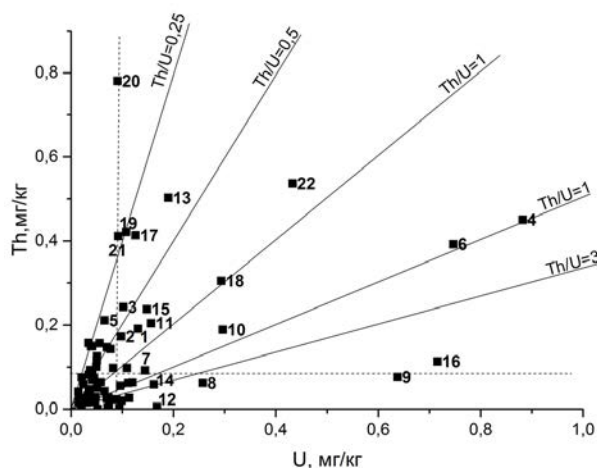


Рис. 2. Содержание тория и урана в растениях семейства рясковых водоемов Томской области

1 – с. Кривошеино, 2 – д. Жуково, 3 – Старица пр. Тогурской, 4 – с. Инкино, 5 – д. Типсино, 6 – с. Озерное, 7 – д. Жарковка, 8 – с. Соколовка, 9 – с. Молчаново, 10 – п. Новоархангельское, 11 – с. Малиновка, 12 – с. Наумовка, 13 – с. Семилужки, 14 – п. Светлый, 15 – с. Тимирязевское (оз. Песчаное), 16 – с. Осиновка (заводь р. Кумлова), 17 – с. Леботер, 18 – с. Бакчар, 19 – с. Парабель (оз. Сухумское), 20 – с. Апсагачево, 21 – Тызырбак (заводь р. Балагачевка), 22 – п. Катыльга

Таблица 1. Коэффициенты концентраций химических элементов в ряске на территории Томской области

Наименование района	КК		
	5	5–2	2–1
Александровский	–	–	–
Каргасокский	–	–	U, La, Yb
Парабельский	–	Cs, Eu, Yb, Lu, Nd, Ce, Sm, La, Tb	Th
Верхнекетский	–	Ce, Sm, Eu, Nd, U	La, Lu, Cs, Tb
Бакчарский	La, Lu, Ce, Cs, Th, Eu, Yb, Tb	U, Nd	–
Первомайский	Eu, Ce, Yb, Nd, La, Tb	Lu, Th, Cs	–
Асиновский	–	U	–
Шегарский	–	Eu, Cs, Yb, Tb	La, Sm, Ce, Lu, Th, Nd
Томский	–	–	Lu, Nd, Yb, Th, Sm, La, Eu, U, Ce, Cs, Tb
Кожевниковский	U	Eu, Th, Yb, Ce, La, Nd, Cs, Tb	Lu, Sm

рясковых характеризуется высокой информативностью относительно экогеохимического состояния среды произрастания.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта РФФИ № 20-64-47021.

Литература

1. Landolt E., Kandeler R. Biosystematic investigations in the family of duckweeds (Lemnaceae), Vol. 4: the family of Lemnaceae—a monographic study, Vol. 2 (phytochemistry, physiology, application, bibliography) // *Veroeffentlichungen des Geobotanischen Instituts der ETH, Stiftung Ruebel (Switzerland)*, 1987.
2. Favas P. et al. Biogeochemistry of uranium in the soil-plant and water-plant systems in an old uranium mine // *Science of the Total Environment*, 2016. – Т. 568. – С. 350–368.
3. Ekperusi A., Sikoki F., Nwachukwu E. Application of common duckweed (*Lemna minor*) in phytoremediation of chemicals in the environment: State and future perspective // *Chemosphere*, 2019. – Т. 223. – С. 285–309.
4. Sasmaz M., Obek E., Sasmaz A. Bioaccumulation of uranium and thorium by *Lemna minor* and *Lemna gibba* in Pb–Zn–Ag tailing water // *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 2016. – Т. 97. – №. 6. – С. 832–837.
5. А. М. Адам. Экология Северного промышленного узла г. Томска. Проблемы и решения. – Томск: Изд-во ТГУ, 1994. – 260 с.
6. Барановская Н. В., Швецова Д. В., Судыко А. Ф. Региональная специфика элементного состава волос детей, проживающих на территории Томской области // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*, 2011. – Т. 319. – №. 1. – С. 212–220.
7. Рихванов Л. П. и др. Эколого-геохимические особенности природных сред Томского района и заболеваемость населения. – Томск: Курсив, 2006 – 216 с.
8. Черняев Е. В., Бернатонис В. К., Боярко Г. Ю. Твердые полезные ископаемые Томской области // *Региональная геология. Геология месторождений полезных ископаемых*, 2001. – С. 361–368.