

Элементный состав *Scutellaria baicalensis* Georgi.

Ю. А. БАНАЕВА, А. Я. ПШЕНИЧКИН*

Центральный сибирский ботанический сад СО РАН
630090 Новосибирск, ул. Золото долинская, 101

*Томский политехнический университет
634034 Томск, просп. Ленина, 30

АННОТАЦИЯ

Изучен элементный состав лекарственного растения *Scutellaria baicalensis* Georgi. из разных мест произрастания. Определение 25 элементов проводилось нейтронно-активационным методом, уран анализировался методом осколочной радиографии. Установлены закономерности в уровнях накопления элементов как для разных частей растения, так и для разных мест обитания.

В последние годы фитогеохимия активно применяется в изучении лекарственных растений. Давно известно, что элементы играют важную роль в жизнедеятельности организмов, они могут выступать в качестве активаторов жизненных процессов, действуя на ферменты и генетический аппарат клеток, или вызывать различные патологические явления. Этим и обусловлена вся важность оценки уровня накопления их в природной среде и, в частности, в лекарственных растениях, ПДК для которых до сих пор не разработаны [1]. Объектом нашего исследования был *Scutellaria baicalensis* Georgi. (шлемник байкальский) сем: Lamiaceae, фармакологические свойства которого очень разнообразны [2–4].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКИ

Данная работа является продолжением наших исследований по изучению элементного состава *S. baicalensis* [5–7]. Изучено поведение ряда редких, редкоземельных, радиоактивных и других элементов в почвах и в разных частях *S. baicalensis* (корнях, стеблях, листьях, семенах), отобранного из естественных мест произ-

растания (Читинская область: Карымско-Нерчинский и Борзя-Приаргунский районы. Амурская область и Юго-Западное Приморье) и интродуцированного в Центральном сибирском ботаническом саду СО РАН (ЦСБС) (г. Новосибирск). Определение элементов (всего 102 анализа) проводилось нейтронно-активационным анализом на 25 элементов в НИИ ЯФ при Томском политехническом университете (НИИ ЯФ при ТПУ) (аналитик В. И. Резчиков) из навески 150 мг воздушно-сухого сырья. Чувствительность анализа $1 \times 10^{-8-9}$ мас. %. В ряде образцов корня *S. baicalensis* из Восточного Забайкалья методом осколочной радиографии анализировали U. Для выявления пространственного распределения U срезы корня облучали потоками нейтронов в канале ядерного реактора (НИИ ЯФ при ТПУ). В качестве детектора использовалась лавсановая пленка. Подсчет треков от осколков деления U проводили под микроскопом.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

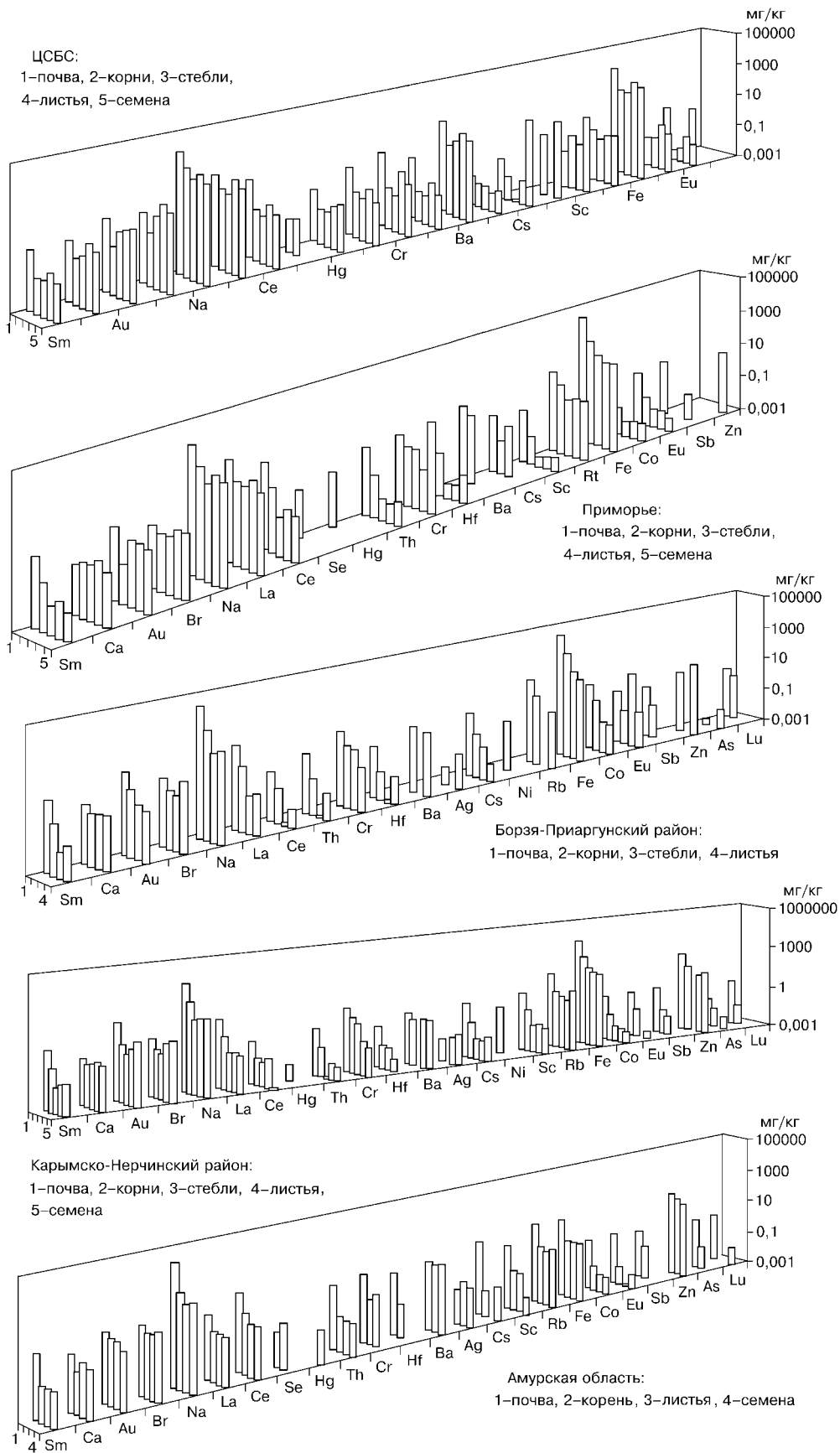
Полученные результаты показывают, что в корнях в надземной части *S. baicalensis* накапливаются следующие элементы (мг/кг), ранее

обнаруженные другими исследователями [8]: Ва (2,2–170,0), Са (0,1–7,9 %), Со (0,01–1,15), Сг (1,0–8,7), Fe (45,0–960,0), Ni (9,0–22,0), Se (0,3–0,6), Zn (27,0–940,0). Кроме того, нами впервые определены (мг/кг): Ag (0,14–0,9), As (0,1–2,7), Au (0,001–0,048), Br (0,5–130,0), Ce (0,4–6,7), Cs (0,1–0,7), Eu (0,01–0,13), Hf (0,06–0,2), Hg (0,12–1,6), La (0,02–1,5), Lu (0,02–5,12), Na (0,13–2,6), Rb (0,13–1,95), Sb (0,2–9,0), Sc (0,02–1,4), Sm (0,1–2,5), Th (0,2–3,2). Четыре популяции из Восточного Забайкалья анализировали на U. Во всех изученных образцах корня выявлены как единичные треки от осколков деления U в количествах от 669 до 1124 на 1 см² (рассеянная форма), так и звездчатые скопления в количествах 3–11 на 1 см² (минеральная форма). При этом в звездчатых скоплениях количество треков колеблется от 2 до 12.

Представленные на рисунке данные говорят о значительном различии показателей элементного состава почвы и частей растений *S.baicalensis* в различных местообитаниях. Наивысшие концентрации большинства исследованных элементов в почвах Читинской области, в корнях – в Карымско-Нерчинском районе, в листьях и в семенах – в ЦСБС. Сравнительно низкое содержание элементов в почвах ЦСБС и Приморья, в корнях – в ЦСБС, в стеблях, листьях и семенах – в Приморье. Ряд изученных элементов не обнаруживается ни в почве, ни в растительном сырье. Например, Ag не встречается в образцах из Приморья, As и Lu – из Приморья и ЦСБС, Hg – из Борзя-Приаргунского района, Ni – из Амурской области и Приморья, Se – из Читинской области, Zn – из ЦСБС. Некоторые элементы обнаруживаются в почве, но не поглощаются растениями в количествах, доступных для анализа. Нет в растительных образцах Приморья Hg и Se, а Sb нет в растениях ЦСБС. Есть элементы, которые не установлены для почвы, но обнаруживаются в растениях. Например, Ag, As, Zn накапливаются в листьях и в корнях *S.baicalensis* Борзя-Приаргунского района Амурской области; Ва – в корнях и листьях Борзя-Приаргунского района и во всех органах растений Амурской области; Ni – в образцах корней из Читинской области; Hg – в корнях Карымско-Нерчинского района и в семенах Амурской области; Se – в корнях, стеблях, листьях растений Борзя-При-

аргунского района Амурской области и ЦСБС. Некоторые элементы в органах растения накапливаются в количествах, равных или намного превышающих их содержание в почве. Почти в 3 раза больше, чем в почве, As в корнях Амурской области; в 1,3 раза больше Au в семенах ЦСБС; Br – в 1,6 раза больше в листьях Борзя-Приаргунского района, в 3 раза – то же ЦСБС и в 1,5 раза в семенах Карымско-Нерчинского района; содержание Са в листьях растений всех изученных местообитаний близко к содержанию его в почве, а в Приморье оно выше почти в 5 раз; в 19 раз больше Eu в стеблях Борзя-Приаргунского района. Другие элементы в конкретном местообитании поглощаются только одним органом растения, Ва – в растениях Приморья, Hf – в Амурской области, Lu – в Читинской области обнаруживаются только в корнях; Lu – в семенах растений Амурской области, Sb – в корнях растений Борзя-Приаргунского района и Амурской области и в листьях растений Приморья. В остальных местообитаниях эти элементы обнаруживаются в других органах растений.

Распределение элементов по органам и частям органов растений может быть самым разнообразным. Наибольшее влияние на это оказывают, вероятно, антиконцентрационные барьеры, которые не допускают накопления некоторых конкретных элементов выше токсических для данного растения концентраций [9, 10]. Для *S.baicalensis* из естественных мест произрастания характерно накопление большинства элементов с высокими концентрациями в корнях, для интродуцентов – в надземной части (чаще – в листьях). Возможно, это связано с тем, что при интродукции происходит ускорение онтогенеза и физиологические процессы в растении происходят несколько иначе. Общая картина распределения элементов в различных органах *S.baicalensis* такова: для большинства элементов характерно понижение содержания элемента от почвы к корням с небольшим увеличением содержания элемента в листьях (Ce, Cr, Cs, Co, Eu, Hf, Fe, La, Na, Rb, Sb, Sm). Для всех мест обитания преимущественно в корнях в больших, чем другие элементы, концентрациях обнаруживаются Ce, Co Fe, Hf, La, Na, Ni, Sc, Sm, Th; в листьях высока концентрация Са; в семенах – Br. Для стеблей характерно низкое содержание элементов.



Содержание элементов в *Scutellaria baicalensis* Georgi.

Для более наглядной характеристики уровня накопления элементов в разных частях *S. baicalensis* рассчитаны средние коэффициенты биологического поглощения (КБП – отношение концентрации элемента в растительном материале к концентрации его в почве) [11]. Если значение КБП элемента около и выше единицы, то растения рассматриваются как концентраторы данного элемента. Оказалось, что КБП для разных частей *S. baicalensis* и популяций различен и зависит (при прочих равных условиях) как от состава почв, так и от экспозиции склона и климатических условий района. У большинства элементов КБП невелик – 0,001–0,30. У Au, Ba, Hg, Rb он повышается до 0,08–1,0; у Ca – до 0,1–2,0; а у Br – до 0,2–20,0 и более. При этом, например, КБП Sm из Приморья изменяется от 0,04 до 0,22; из Читинской области – от 0,05 до 0,15; а у корней *S. baicalensis* из ЦСБС – от 0,008 до 0,09. КБП у Au почти для всех мест произрастания *S. baicalensis* выше в верхних частях растения (листья, семена – 0,35–1,1), чем в стеблях (0,15–0,5) и корнях (до 0,08). Такая же тенденция наблюдается для Ca, Eu, Hf, Hg, La. А для Ba, Ce, Co, Cs, Fe, Na, Rb КБП выше для корней, чем для наземной части *S. baicalensis*. Если средние величины КБП элементов (приведены в скобках) расположить в порядке их убывания, то получатся следующие ряды:

корни – As (3,0)>Sm (0,86)>Ca (0,7)>Ag (0,71)>Se (0,56)>Zn (0,506)>Lu (0,29)>Ni (0,2)>Cr (0,171)>Br (0,16)>Rb (0,11)>Ba (0,097)>Hg (0,09)>Ce (0,084)>Sc (0,08)>La (0,077)>Co (0,076)>Na (0,075)>Au (0,073)>Cs (0,072)>Fe (0,071)>Th (0,053)>Sb (0,05)>Hf (0,044)>Eu(0,034);

стебли – Se (1,23)>Eu (1,15)>Ag (1,08)>Br (0,98)>Ni (0,54)>Ca (0,5)>Hg (0,24)>Ba (0,23)>Sc (0,09)>Au (0,068)>Cr (0,057)>Na (0,02) = Rb (0,02) = Sm (0,02)>Cs (0,011)>Co (0,01) = Fe (0,01)>Hf (0,009)>Ce (0,006) = La (0,006) = Th (0,006)>Sb (0,003);

листья – Br (3,7)>Ca (1,5)>Ag (1,08)>As (0,18)>Zn (0,12)>Au (0,081)>Cr (0,08)>Se (0,67)>Ba (0,51)>Na (0,034)>Hg (0,31)>Th

(0,038)>Rb (0,03) = Sc (0,03)>La (0,029) = Hf (0,029)>Ce (0,025) = Co (0,025)>Sm (0,02)>Fe (0,018)>Eu (0,014)>Sb (0,006)>Cs (0,004);

семена – Br (3,13)>Ca (1,1)>Ag (1,08)>Hg (1,0)>Ni (0,7)>Ba (0,435)>Au (0,19)>Zn (0,07)>Cr (0,051)>Rb (0,04)>Sc (0,03)>Co (0,025) = Na (0,025)>Th (0,023)>Sm (0,02)>La (0,019)>Ce (0,018)>Fe (0,013)>Hf (0,009)>Eu (0,008)>Cs (0,003)>Lu (0,002).

Таким образом, наибольший средний КБП для корней имеет As; для стеблей – Se, Eu, Ag, Br, для листьев и семян – Br, Ca, Ag.

S. baicalensis является чувствительным индикатором среды обитания и может накапливать ряд редких, редкоземельных и радиоактивных элементов. Для большинства элементов концентрация их уменьшается от корня к листьям и семенам. В интродуцированном *S. baicalensis* элементы накапливаются в основном в наземной части. Полученные экспериментальные данные могут служить дополнением к разработке ПДК элементов для лекарственных растений и качества сырья данного вида.

ЛИТЕРАТУРА

1. Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов, М., 1990.
2. Е. Д. Гольдберг, В. И. Литвиненко и др. Шлемник байкальский. Фитохимия и фармакологические свойства, Томск, ТГУ, 1994.
3. Е. Д. Гольдберг, А. М. Дыгай, В. В. Новицкий, Рак легкого и система крови, Томск, ТГУ, 1992.
4. Е. П. Зуева, Е. Н. Амосова, Т. Т. Разина и др. Міжнародна конференція з медичної ботаніки, Тези доповідей, Київ, 1997, 309–310.
5. Ю. А. Банаева, Л. Я. Пшеничкин, Матер. Междунар. конф., Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека, Томск, 1996, 407–410.
6. А. Я. Пшеничкин, Ю. А. Банаева, Труды 4-го Междунар. симпозиума по проблемам прикладной геохимии, Иркутск, 1994, 85–86.
7. А. Я. Пшеничкин, Ю. А. Банаева, Топоминералогические проблемы медицинской минералогии, Сыктывкар, УрО АН СССР, 1991, 38–40.
8. М. Я. Ловкова, А. М. Рабинович, С. М. Пономарева и др. Почему растения лечат, М., Наука, 1989.
9. А. Л. Ковалевский, Естественные радиоактивные элементы в растениях Сибири, Улан-Удэ, 1966.
10. А. Л. Ковалевский, Биогеохимия растений, Новосибирск, Наука, Сиб. отд-ние, 1991.
11. А. И. Перельман, Геохимия ландшафта, М., Географгиз, 1961.

Elemental Composition of *Scutellaria Baicalensis* Georgi.

YU. A. BANAYEVA, A. YA. PSHENICHKIN

The elemental composition of the medicinal herb *Scutellaria baicalensis* Georgi. from various growing places was studied. The estimation of 25 elements was performed by the neutron activation technique, uranium was analyzed by means of fragment radiography. Patterns of element accumulation levels both for various plant parts and growing places are established.