

ЭКОЛОГО – БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭКОСИСТЕМ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА И ДИНАМИКА ИХ ИЗМЕНЕНИЙ ПО ДАННЫМ ДЕНДРОГЕОХИМИИ

Барановская Н.В.,

Томский политехнический университет

Аннотация. В статье представлены данные по изучению экосистем Дальнего Востока: заповедников и прилегающих к ним территорий – Сихотэ-Алинский, Зов тигра, а также территорий с техногенно-измененными ландшафтами Дальнегорского района в сравнении с другими территориями России. Приведены результаты комплексных работ, проведенных в рамках реализации грантов РФ совместно ТПУ с ТИГ ДВО РАН и ДВГИ ДВО РАН. Исследования миграции химических элементов в системе «почва – растение – млекопитающие» позволили установить уникальную редкоземельную биогеохимическую специализацию Дальневосточного региона. Данные по изучению характера концентрирования этой группы элементов в кольцах деревьев позволяет говорить о динамике изменений. Ключевым аспектом работ является анализ элементного состава зольного остатка организма человека г. Владивостока, как конечного звена трофических цепей, подтверждающий концентрирование средней подгруппы редкоземельных элементов как региональную специфику.

Ключевые слова: *Приморский край, биогеохимическая характеристика, экосистемы, млекопитающие, редкоземельные элементы, дендрогеохимия*

ECOLOGY -BIOGEOCHEMICAL CHARACTERISTICS OF FAR EAST ECOSYSTEMS AND DYNAMICS OF DENDROGEOCHEMICAL CHANGES

Baranovskaya N.V.,

Tomsk polytechnic university

Annotation. The article presents research data of the Far East ecosystems: nature reservations and adjacent territories – The Sikhote - Alinsky, The Call of the Tiger, as well as territories with technogenically affected landscapes of the Dalnegorsk region in comparison with other Russian territories. The results of complex work carried out within the framework of grants from the Russian Science Foundation jointly with TPU, TIG FEB RAS and FEGI FEB RAS. Studies of chemical elements migration in the “soil - plant - mammals” system made it possible to establish a unique rare earth biogeochemical specialization of the Far Eastern region. Studying the nature of this group of elements concentration in tree rings allows us to talk about the dynamics of changes. A key aspect of the work is the elemental composition analysis of the ash residue of the human body in Vladivostok, as the final link of trophic chains, confirming the concentration of the average subgroup of rare earth elements as a regional specificity.

Keywords : *Primorsky Krai, biogeochemical characteristics, ecosystems, mammals, rare earth elements, dendrogeochemistry*

Введение. Цели и задачи, поставленные в свое время А.П. Капицей, директором-организатором ТИГ ДВО РАН – изучить современную структуру, функционирование и динамику природных и природно-технических систем, а также воздействия на них естественных и антропогенных факторов, остаются актуальными и в современной ситуации [2]. Нами, в Томском политехническом университете, совместно с ведущими научными и научно – образовательными центрами России и зарубежья, уже более 25 лет проводятся

междисциплинарные исследования вариативности химического состава организма млекопитающих, включая организм человека, в зависимости от природных геолого-геохимических факторов среды и в присутствии техногенеза на территориях их обитания в условиях нормального функционирования и при наличии патологических процессов [3, 6, 8]. Актуальность таких исследований определяется получением новой информации об особенностях миграции химических элементов из наиболее распространенных типов коренных горных пород в зоне их выветривания в природные воды, почвы, почвенные микроорганизмы, кормовые виды растительности, а также внутрь организма млекопитающих (растительноядные и всеядные виды, в том числе физиологически близкие к человеку), а также информации о закономерностях их концентрирования с оценкой предельно низкого и предельно высокого уровней, определяющих патологические геохимически обусловленные состояния в организмах на основе использования разработанных ранее подходов в междисциплинарных областях знаний (геологии, геохимии, экологии, биологии, медицины). Данная информация является основополагающей в решении многих проблем в экологии, растениеводстве и животноводстве, а также в ветеринарии и медицине. В 2020 г. работы проводились совместно с сотрудниками ТИГ ДВО РАН (Паничев А.М., Середкин И.В.), а также ДВГИ ДВО РАН (Чекрыжов И.Ю., Попов Н.С.) на территории Приморского края в двух административных районах – Ольгинском и Тернейском, характеризующихся наличием рекреационных заповедных территорий (Зов тигра, Сихотэ-Алиньский), а также в Дальнегорском районе, для которого характерным является значительная техногенная трансформация природной среды. Данные работы проведены в рамках реализации проекта РНФ (№ 20-64-47021 и 20-67-47005). Сравнительный анализ проведен с данными, полученными нашим коллективом при выполнении гранта по территориям Забайкалья (районы обширного распространения палеозойских гранитоидов), Прибайкалья (районы обширного распространения метаморфизованных карбонатных пород раннепалеозойского возраста), а также в Горном Алтае (районы обширного распространения метаморфических первично осадочных пород архея и протерозоя, а также – палеозойских ультрабазитов). Полученные данные значительно расширяют представление о биогеохимических характеристиках геосистем Приморского края, полученных ранее [1].

Материалы и методы. В данной статье обсуждаются результаты, полученные при изучении химического элементного состава следующих объектов: почва, растения рода осоковые (*Carex*), животные (растительноядные – изюбрь, марал (*Cervus elaphus*) – 6 животных, всеядные – кабан (*Sus scrofa*) – 6 животных, свинья (*Sus scrofa domesticus*) - 6), зольный остаток организма человека (9 проб в сравнении с ранее полученными данными [3]). Подготовка проб животных (не менее 28 проб с каждого животного) к анализу предусматривала предварительное их просушивание в сушильном шкафу при температуре 60°C, затем от просушенных проб отбирались фрагменты массой 200 мг, которые измельчались в агатовой ступке до фракции пудры. Пробоподготовка проводилась в лаборатории ТИГ ДВО РАН (Макаревич Р.А.). Далее измельченная проба доставлялась в лабораторию ТПУ, помещалась в закрывающийся фторопластовый цилиндр с добавлением 0,2–1,0 мл концентрированной азотной кислоты, после чего цилиндр помещался в термощкаф, разогретый до температуры 115°C, где выдерживался от 0,5 до 1,0 ч. После полного растворения проба перемещалась в мерную полипропиленовую пробирку, где ее объем доводится деионизованной водой до 10 мл, после чего раствор отправлялся на анализ методом ИСП-МС (масс-спектрометр NexION 300D). Пробы растительного материала (не менее 50 проб с территории) высушивались при комнатной температуре, материал измельчался и анализировался так же, как и биологический материал животных. Почва отбиралась в местах сбора растительного материала, ее отбор и пробоподготовка проводились по стандартным методикам. Все анализы биологических материалов и почв

выполнялись в проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии НИ ТПУ (зав. лабораторией к.г.-м.н. Хвощевская А.А., аналитик Куровская В.В.).

Результаты и их обсуждение. Летом 2020 г. при финансовой поддержке Российского научного фонда две команды исследователей из Томского политехнического университета (Барановская Н.В., Соктоев Б.Р.) и Дальневосточного научного центра РАН (Паничев А.М., Середкин И.В., Попов Н.С.) провели масштабные геолого-геохимические исследования в горах Сихотэ-Алиня. Целью данных работ было изучение комплекса сред для получения биогеохимической информации по районам, где распространена геофагия животных [9]. Для детальных исследований были выбраны два района, где распространены кудуры. Один район находится в южной части горного хребта Сихотэ-Алинь, на территории национального парка «Зов тигра» и охватывает верховья р. Милоградовка. Второй находится в центральной части хребта Сихотэ-Алинь, на территории Сихотэ-Алинского биосферного заповедника и охватывает окрестности горы Солонцовая. Основным результатом, полученным в ходе данных работ, было выявление того факта, что в водах изученных территорий, а также в растениях рода *Carex* происходит концентрирование тяжелой подгруппы редкоземельных элементов (РЗЭ), что отражается на их дисбалансе в организме млекопитающих этой территории [9]. Дальнейшие наши исследования других территорий, в течении 2021-23гг (Прибайкалье и Забайкалье [11], Республика Бурятия, Республика Алтай [10], Республика Саха (Якутия)), показали, что такое концентрирование растениями элементов является спецификой именно Приморского края (рис.1).

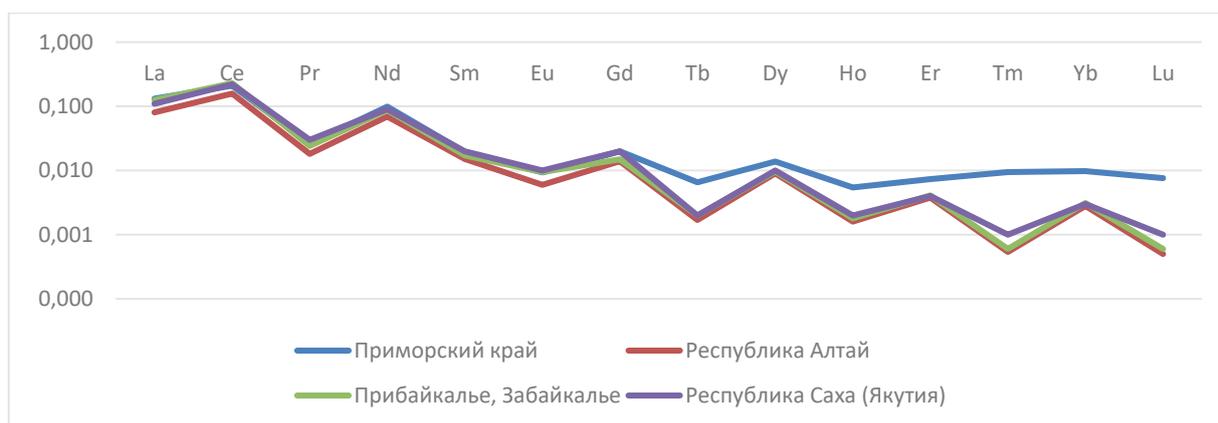


Рис.1 Сравнительные показатели среднего содержания редкоземельных элементов в растениях рода *Carex* (мг/кг св) территорий Сибири и Дальнего Востока

При этом, содержание РЗЭ в почвах изучаемых регионов практически не отличается, что свидетельствует о роли в формировании данного феномена именно воды и почвенных растворов, которые являются весьма специфичными по концентрированию РЗЭ [4, 5]. Данные, полученные нами для растительноядных животных, свидетельствуют о значимом различии средних содержаний группы РЗЭ в организме благородного оленя Приморского края по сравнению с животными Байкальского региона и Республики Алтай (рис.2). Нами предполагается [9], что эта аномалия РЗЭ связана с развитием на территории районов Приморского края специфического вулканизма, с которым связаны месторождения и рудопроявления с повышенными содержаниями РЗЭ [7]. Однако, данные, полученные для организма всеядных млекопитающих (кабан и домашняя свинья) выглядят несколько иначе и значимых различий в концентрировании РЗЭ между животными Приморского края и другими изученными территориями практически нет. Несомненно, что факт питания (в первую очередь) и миграции животных оказывает существенную роль в формировании его элементного состава. Следует отметить тот факт, что для всех изученных всеядных животных характерны диапазоны концентрирования РЗЭ совпадающие с таковыми для

растительной, за исключением Приморья. Феномен аномального концентрирования РЗЭ характерен именно для растительной из мест геофитации на территории Ольгинского и Тернейского районов Приморского края.

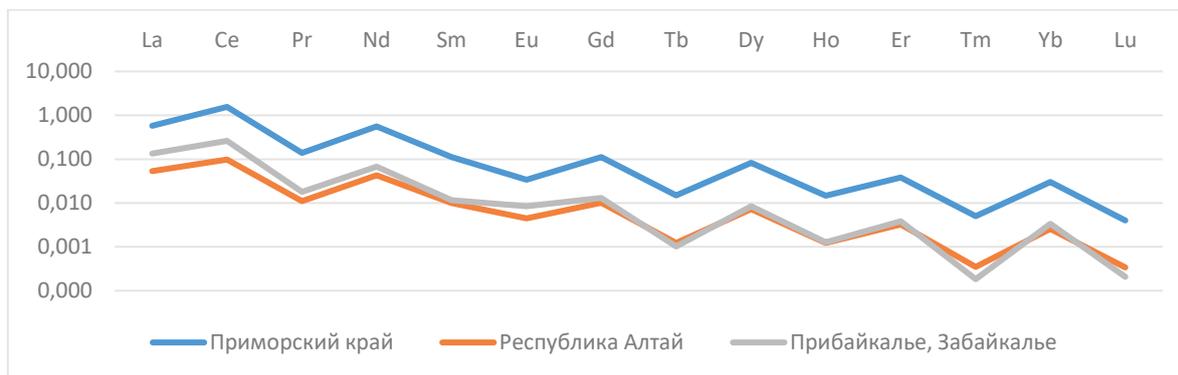


Рис. 2 Сравнительные показатели среднего содержания редкоземельных элементов в организме растительноядных млекопитающих (мг/кг св) территорий Сибири и Дальнего Востока

Анализ зольного остатка организма человека так же показал, что по сравнению с другими городами России жители г. Владивостока не характеризуются аномальными значениями РЗЭ, однако наблюдается тенденция к концентрированию элементов средней подгруппы в сравнении с городами Сибири (рис. 3).

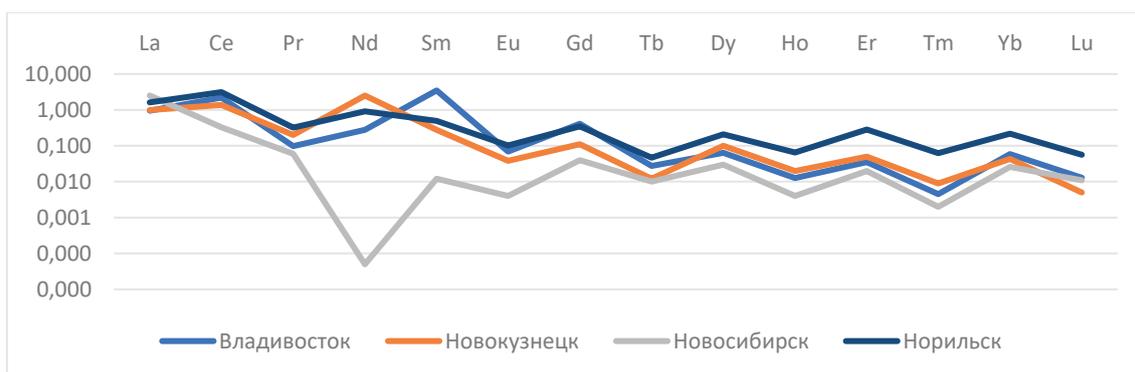


Рис.3 Сравнительные показатели среднего содержания редкоземельных элементов в зольном остатке организма человека (мг/кг золы) городов Сибири и Дальнего Востока

Изучение отдельно ткани головного мозга человека и животных на территории Приморского края показало, что мозг человека характеризуется максимальным концентрированием этой группы элементов по сравнению с животными. Так, максимальное содержание лантана в головном мозге человека, жителя г.Владивосток, составляет 83 мг/кг сухого вещества (гипоталамус) при среднем содержании – 25мг/кг, а максимум для мозга свиньи домашней из Приморского края – 0,002, Республики Алтай – 0,008. В головном мозге кабанов и изюбрей содержание еще ниже. В сравнении с ними отмечено концентрирование в головном мозге кабарги из Приморского края – до 0,03мг/кг. При этом, в составе отделов головного мозга человека фиксируются микроминеральные фазы сложного состава, включающие РЗЭ (рис. 4).

Поскольку городские агломерации - это всегда экосистемы со значительной техногенной составляющей, нельзя исключать факт влияния техногенеза на формирование элементного состава организма человека изученной территории. О специфике воздействия предприятий Приморского края говорят результаты, полученные нами при изучении

концентрирования химических элементов в кольцах деревьев. В частности, в районе Рудной Пристанки, где находилось предприятие по переработке свинцовых руд, в период с 1963 по 1979 гг. максимально концентрируется свинец. Этот период характеризуется значительным привносом суммы редкоземельных элементов. При этом, характер распределения физиологически значимого для растения натрия, имеет совершенно иной характер (рис.4).

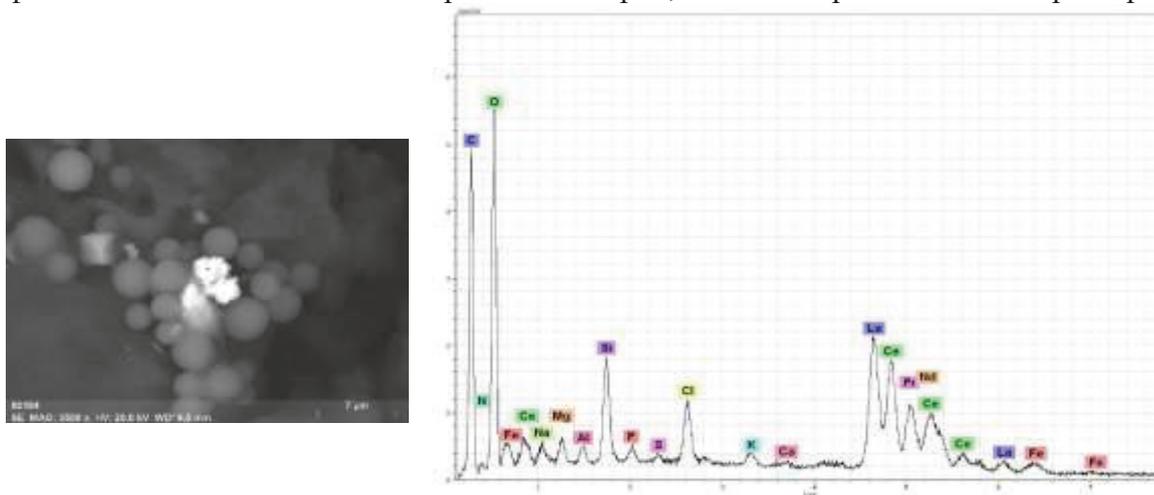


Рис.4. Микроминеральные фазы (фото слева) содержащие редкоземельные элементы (спектр справа) в головном мозге человека (эпифиз) из г. Владивостока.

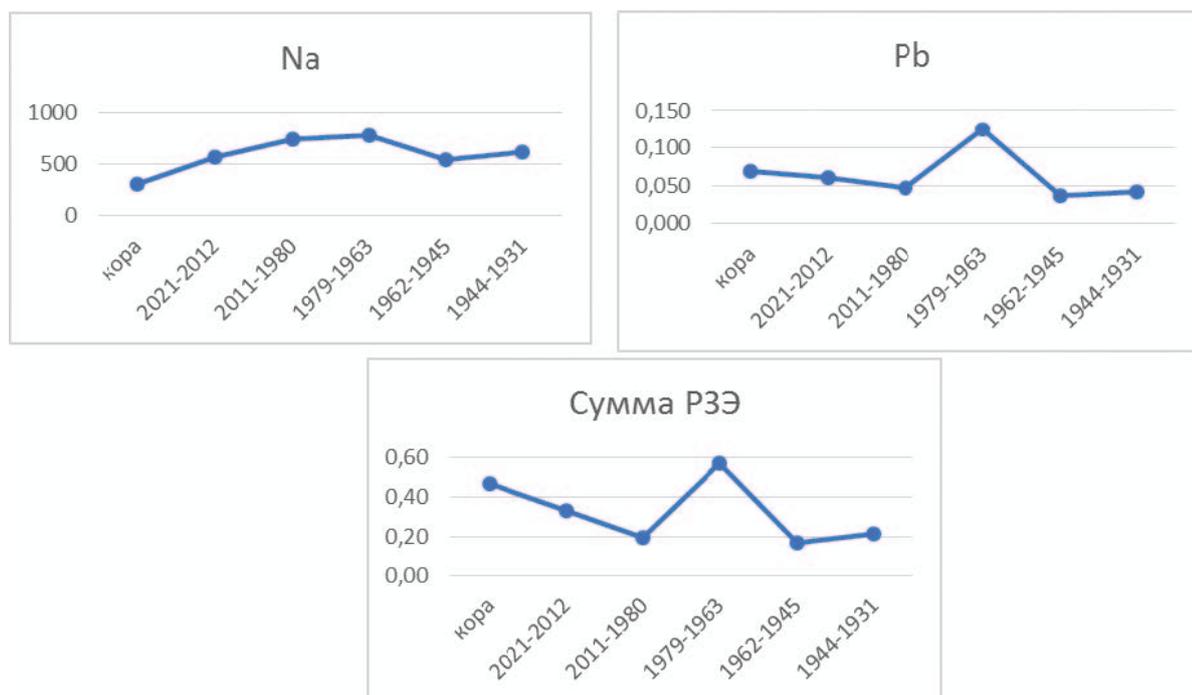


Рис. 5. Динамика содержания химических элементов (мг/кг св) в кольцах деревьев рода *Populus* территории Дальнегорского района Приморского края

Данный вопрос требует отдельного рассмотрения. Это свидетельствует о том, что процессы техногенной трансформации биосферы играют существенную роль в формировании элементного состава живого вещества планеты в целом и локальных территорий в частности.

Выводы. Территория Приморского края имеет собственный специфичный геохимический фон, сформированный в результате комплексного природно–техногенного

влияния факторов, оказывающий воздействие на химическую структуру живых организмов. Отдельные вопросы требуют дальнейшей тщательной проработки, в том числе вопрос влияния изменяющегося геохимического фона на здоровье человека.

Благодарности. Автор выражает благодарность сотрудникам ТПУ, ТИГ ДВО РАН и ДВГИ ДВО РАН, участвовавшим в отборе, пробоподготовке, анализе материалов, отобранных в рамках реализации гранта РФ (№ 20-67-47005 и 20-64-47021).

Работа выполнена при финансовой поддержке грантов РФ № 20-67-47005, 20-64-47021, 24-64-00009.

Литература

1. Аржанова В.С., Елпатьевский П.В. Геохимия ландшафтов и техногенез. М.: Наука, 1990. 194 с.
2. Бакланов П.Я. Основные этапы развития научных исследований в Тихоокеанском институте географии ДВО РАН / П.Я. Бакланов, В.В. Ермошин, К.С. Ганзей // Вестник ДВО РАН. 2021. № 6. С. 32-44.
3. Барановская Н.В. Очерки геохимии человека / Н.В. Барановская, Л.П. Рихванов, Т.Н. Игнатова и др. – Томский политехнический университет – Томск: Дельтаплан, 2015. 378с.
4. Вах Е.А., Вах А.С., Харитоновна Н.А. Содержание редкоземельных элементов в водах зоны гипергенеза сульфидных руд Березитового месторождения (Верхнее Приамурье) // Тихоокеанская геология. 2013. Т. 32. № 1. С. 105–115.
5. Ветошкина А.В. Радиоактивные (Th, U) и редкоземельные элементы в природных водах Центрального Сихотэ-Алиня (Приморский край) / А.В. Ветошкина, И.Ю. Чекрыжов, А.М. Паничев и др. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2022. 333(1). С.45-56
6. Рихванов Л.П. Эколого – геохимические особенности природных сред Томского района и заболеваемость населения / Л.П. Рихванов, Е.Г. Языков, Ю.И. Сухих и др. Томск: Курсив, 2006. 216с.
7. Середин В.В., Чекрыжов И.Ю. Рудоносность Ванчинского грабена (Приморье) // Геология рудных месторождений. 2011. Т. 53. № 3. С. 230-249.
8. Denisova O. Trace Elements in the Lung Tissue Affected by Sarcoidosis / O. Denisova, G. Chernogoryuk, N. Baranovskaya, I. Palchikova, T. Kalacheva // Biological Trace Element Research. 2020. 196(1). P. 66–73.
9. Panichev, A.M. Landscape REE anomalies and the cause of geophagy in wild animals at kudurs (mineral salt licks) in the Sikhote-Alin (Primorsky Krai, Russia)/ A.M. Panichev, N.V. Baranovskaya, I.V. Seryodkin, e.a. // Environmental Geochemistry and Health. 2022. 44 (3). P. 1137-1160.
10. Panichev, A.M. Excess of REE in plant foods as a cause of geophagy in animals in the Teletskoye Lake basin, Altai Republic, Russia / A.M. Panichev, N.V. Baranovskaya, I.V. Seryodkin, e.a. // World Academy of Sciences Journal. 2022. 5 (1). Art. no. 6.
11. Panichev, A.M. Deficiency of Rare-Earth Elements in Natural Landscape Components as a Cause of Geophagy among Ungulates on Olkhon Island / A.M. Panichev, N.V. Baranovskaya, I.Y. Chekryzhov, e.a. // Doklady Earth Sciences. 2023. 511 (2). P. 659-662