

pigment between structural parts of photosystems: middle-ripening cultivars had more chlorophyll *a* in reaction centers whereas the amount of the pigment in light-harvesting complexes was not differed. Hydrothermal conditions significantly influenced the differences between cultivar groups. Thus, under dry conditions the content of chlorophyll *b* and carotenoids in flag leaves of cultivars belonging to both group of maturity had no significant differences. Under normal or moist conditions middle-ripening cultivars contained 11,0–12,6% more chlorophyll *b* and 7,6–23,1% more carotenoids than the early cultivars. Under dry conditions the two groups of cultivars significantly differed on mass ratio chlorophyll *a/b*: in the middle-ripening cultivars it was 5,0% higher than in the early ones. Based on chlorophyll *a* and *b* content at flowering stage breeding lines C-64, C-65, C-103, and C-129 were selected. The amount of chlorophyll in these genotypes was significantly higher than in Margarita standard cultivar. Within the group of early cultivars, no one exceeded Bazhenka standard by the pigment content. The cultivars of this group reacted on abiotic growing conditions change very much (the amount of precipitations and air temperature): the coefficients of chlorophyll *a* content variation were 6,5–16,3%, of chlorophyll *b* content – 26,9–29,7%, of carotenoids content – 4,1–17,2%.

**Keywords:** hydrothermal conditions; moistening; drought; flag leaf; flowering stage; breeding lines; early cultivars; middle-ripening cultivars; photosynthetic apparatus; pigments; chlorophyll; carotenoids; light-harvesting complex; reaction center; resistance to environmental stresses; Kirov Region; coefficient of variation; analysis of variances.

\* \* \*

УДК 574.24

DOI 10.24411/2309-4370-2019-13103

Статья поступила в редакцию 25.05.2019

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕНЕЗА НА АККУМУЛЯЦИЮ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ПЛАЦЕНТАРНОМ БАРЬЕРЕ ЖИТЕЛЬНИЦ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2019

**Беляновская Александра Игоревна**, аспирант отделения геологии

Инженерной школы природных ресурсов; докторант лаборатории машиностроения и дизайна  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет (г. Томск, Российская  
Федерация); Национальная высшая школа искусств и ремёсел (г. Бордо, Французская Республика)

**Барановская Наталья Владимировна**, доктор биологических наук,  
профессор отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет (г. Томск, Российская Федерация)

**Станкевич Светлана Сергеевна**, кандидат медицинских наук,  
руководитель Центра поддержки грудного и рационального вскармливания г. Томска  
Центр медицинской профилактики (г. Томск, Российская Федерация)

**Ларат Бертран**, PhD, доцент

**Перри Николая**, PhD, профессор

Национальная высшая школа искусств и ремёсел (г. Бордо, Французская Республика)

**Аннотация.** В статье рассмотрены закономерности накопления химических элементов в плацентарной ткани жительниц разных населённых пунктов Томской агломерации (г. Томск, г. Асино, пос. Мирный, пос. Моряковский затон), а также районов г. Томска (Советский, Ленинский, Октябрьский, Кировский) как индикаторов, демонстрирующих степень антропогенного воздействия на человеческий организм. В статье описаны возможные источники поступления химических элементов в организм человека в зависимости от территории проживания. Определены химические элементы, максимально (коэффициент концентрации превышает 1,5) накапливающиеся в тканях жительниц каждого населённого пункта. Для города Томска таковыми являются: Au, As, La, U, V; для села Моряковский затон – La, As, Ca, Sc; для посёлка Мирный – Hf, Sm, Ce, Au; в городе Асино максимальный коэффициент концентрации, равный 1,2, достигает Eu. Опираясь на результаты исследования, можно предположить, что в барьерной системе плаценты, как в защитном механизме организма, избирательно аккумулируются химические элементы в зависимости от их поступления из окружающей среды. В специфичном накоплении элементов проявляется так называемое «геохимическое лицо» каждого исследуемого района.

**Ключевые слова:** биосубстраты человека; плацентарная ткань; инструментальный нейтронно-активационный анализ (ИНАА); биогеохимические барьеры; элементный состав живого организма; редкоземельные элементы; Томская агломерация; живое вещество; техногенное воздействие; антропогенно-преобразованные территории.

### Введение

Исследования биосубстратов человека на данный момент являются актуальными при оценке качества окружающей среды. Зарубежные и российские учёные активно исследуют химический состав таких биообъектов, как волосы, кровь, грудное молоко, плазма крови, спинномозговая жидкость, зольный

остаток человека и др. [1–3]. Результаты исследования широко используются также для диагностирования ряда заболеваний [4–6]. Репродуктивная система может использоваться в качестве биологического индикатора в связи со способностью реагировать на изменения условий среды обитания. Химический состав данной системы отражает в своём составе избы-

точное содержание химических элементов в окружающей среде.

В настоящий момент исследования плацентарной ткани в качестве биологического индикатора не получают широкого распространения и лежат в области ветеринарных наук. Существующие ветеринарные исследования рассматривают плаценту как изменчивую структуру, чей состав меняется в зависимости от заболеваний, питания [7–9]. Отражение воздействия окружающей среды на плаценту животных и человека исследуется как пример влияния производственных работ, территориальных условий или различных видов ионизирующего излучения [10–13]. Однако лишь отдельные исследования посвящены непосредственно элементному составу системы «мать – плацента – плод»; определение химического состава тканей проводилось методами атомно-абсорбционного анализа, сканирующей электронной микроскопии, но не методом инструментального нейтронно-активационного анализа [14; 15].

Выбранная для исследования территория характеризуется сложной эколого-геохимической обстановкой, обусловленной природными аномалиями и воздействием объектов промышленности. Основная территория исследования – город Томск – административный центр одноимённых области и района. Она находится в восточной части Западной Сибири на берегу реки Томь, с населением на момент проведения исследования 505194 человек. Томск, ЗАТО Северск и пригороды формируют Томскую городскую агломерацию с населением около 728 тыс. человек. Административно город разделён на 4 внутригородские территории: Кировский, Советский, Ленинский и Октябрьский районы. Особенностью г. Томска является расположение в зонах жилой застройки большей части промышленных производств (Томская ГРЭС-2, компания «Томскэнерго», компания «Манотомь», «Томский завод светотехники», «Сибэлектромотор» и др.), созданных в годы Второй мировой войны. В городе функционируют различные по специфике производств промышленные предприятия: машиностроения и металлообработки («Сибэлектромотор», «Томский завод светотехники», «Манотомь», «Сибкабель»); предприятия топливно-энергетического комплекса (Томская ГРЭС-2, ТЭЦ-3); химические («Томскнефтехим», «Томский завод резиновой обуви»); фармацевтическое (НПО «Вирион»); деревообрабатывающие (спичечная, мебельные фабрики); производства стройматериалов («Континенть», «Керамзит-Т», «Карьероуправление», «Томский завод строительных материалов и изделий» и др.); пищевой промышленности (мясной, мельничный комбинаты, молочный и др.). Все они являются источниками экологической опасности, так как значительное их количество находится в жилых кварталах города, где отсутствуют условия для соблюдения границ санитарно-защитных зон (СЗЗ). Выделяются два района с сильно загрязнённой атмосферой: промузел «Томскнефтехим» (ТНХК) и центральная часть г. Томска, включающая Кировский и Советский районы. Первый очаг загрязнения ТНХК находится в границах его СЗЗ и не оказывает прямого влияния на атмосферный воздух жилой зоны города.

Негативное воздействие промышленных предприятий, расположенных на территории города и приближённых к нему населённых пунктов оказывает комплексное воздействие на элементный состав природных сред и живых организмов. Техногенное воздействие промышленных предприятий Томской области приводит к активному концентрированию живыми организмами тяжёлых металлов, радиоактивных, редкоземельных элементов, лантаноидов.

Таким образом, *цель исследования* состоит в изучении элементного состава плацентарного барьера (28 элементов) жительниц природных и антропогенно-преобразованных территорий как индикаторов воздействия окружающей среды.

#### *Материалы и методы исследования*

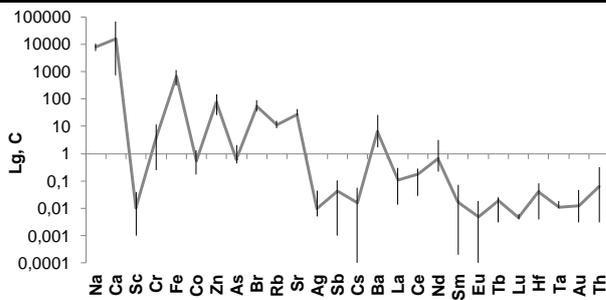
Объектами исследования являются пробы плацентарной ткани жительниц Томской агломерации (г. Томск, с. Моряковский затон, пос. Мирный, г. Асино). Репродуктивная система является чувствительным индикатором, тонко реагирующим на изменения во внешней среде. Плацента, выполняя центральную роль во взаимодействии плода с материнским организмом, представляет собой биогеохимический барьер, отражающий специфику воздействия окружающей среды на организм. Изучение транспорта химических элементов от матери к плоду может играть важную роль при оценке среды обитания, оказывающей значительное влияние на постэмбриональное развитие ребёнка.

В 2009 году было проведено апробирование и последующее исследование методом инструментального нейтронно-активационного анализа (ИНАА) биологического материала женщин возрастом 25–41 лет, проживающих на территории Томской агломерации. Пробы отбирались Светланой Сергеевной Станкевич, аспиранткой кафедры ФПК и ППС Сибирского государственного медицинского университета, г. Томск [1–2]. Всего было отобрано 13 проб плацентарной ткани. Результатом анализа методом ИНАА стала информация о содержании 28 элементов в 13 пробах биоматериала. Выбор элементов для анализа обуславливается аналитической способностью метода ИНАА.

Статистический анализ полученных результатов проводился в программах Excel, Statistica 8, были рассчитаны такие показатели, как среднее арифметическое, максимум и минимум, стандартная ошибка. Коэффициент концентрации (КК) рассчитывался как отношение содержания элемента в плаценте (С) к среднему содержанию элемента во всей выборке. Нормирование КК к среднему арифметическому содержанию во всей выборке предлагается во избежание искусственного завышения или занижения коэффициентов концентрации. По рассчитанным значениям коэффициента концентрации (при  $K_k > 1$ ) составлялись геохимические ряды в порядке убывания значений.

#### *Результаты и обсуждение*

Анализ среднего содержания химических элементов в золе плацентарной ткани показал, что в их распределении находят отражение геохимические закономерности закона Кларка и правила Оддо-Гаркинса (рис. 1).



**Рисунок 1** – Средний элементный состав плаценты жительниц г. Томска и Томской области, мг/кг зольного остатка ( $p < 0,0005$ )

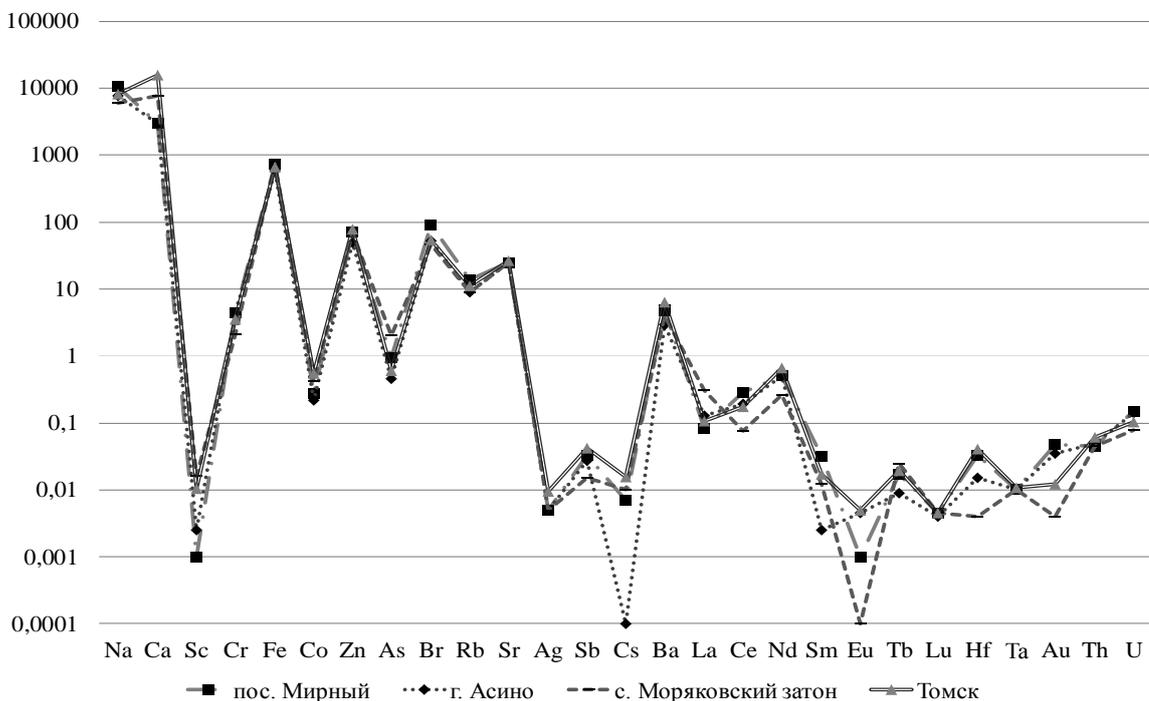
Разные геоэкологические условия предполагают различное накопление химических элементов живым веществом, в связи с чем для исследования важно проведение сравнительного анализа разных населённых пунктов Томской агломерации (рис. 2).

Диаграмма наглядно показывает, что макроэлементный состав плацентарной ткани един для всех населенных пунктов Томской агломерации, что может объясняться высокой физиологической значимостью таких химических элементов, как Na, Ca, Fe, Zn, для живого организма. Можно отметить, что содержания элементов в пробах из города Томска выше для всех химических элементов, кроме Br, Ce, Au (поселок Мирный) и Tb (с. Моряковский затон).

Особенности концентрирования элементов в каждом из населенных пунктов относительно содержания в организме в целом хорошо отражают биогеохими-

ческие ряды накопления (табл. 1). Каждый населённый пункт Томской агломерации проявляет свои геохимические особенности, которые выражаются в специфическом накоплении разных химических элементов. В пробах из Томска обнаруживается высокий коэффициент концентрации Au, однако максимальный коэффициент концентрации данного элемента в выборке был выявлен в пробах из с. Моряковский затон. Село Моряковский затон, в свою очередь, отличается максимальным для выборки коэффициентами концентрации La, As, Ca, Sc. Поселок Мирный, как наиболее приближённый к г. Томску территориально, имеет схожую специфику концентрирования химических элементов, преимущественно редкоземельных металлов, Fe, Au. Отличительной чертой пос. Мирный является высокий коэффициент концентрации Hf, который в пробах из остальных пунктов отбора проб не превышает единицы. Город Асино выделяется тем, что в пробах этого населённого пункта обнаруживается повышенный относительно выборки коэффициент концентрации Eu, который не превышает единицы в остальных городах исследования.

Таким образом, построение биогеохимических рядов позволило выявить специфические элементы, концентрирующиеся в пробах биоматериала каждого населенного пункта и свойственные только данной области исследования. Общей чертой для всех населённых пунктов Томской агломерации является высокое концентрирование редкоземельных металлов, таких как Ce, Lu, Nd.



**Рисунок 2** – Элементный состав плацент жительниц Томской области, мг/кг зольного остатка

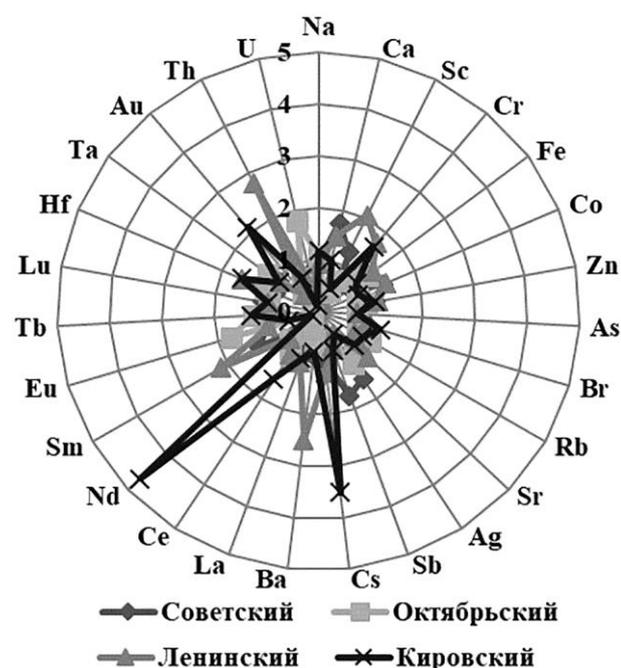
**Таблица 1** – Специфика накопления элементов в плаценте жительниц Томской области (относительно среднего содержания по выборке)

Населенный пункт	Биогеохимический ряд
г. Томск	<b>Au</b> <sub>1,7</sub> – <b>As</b> <sub>1,3</sub> – <b>La</b> <sub>1,2</sub> – <b>U</b> <sub>1,1</sub> = <b>Br</b> – <b>Ce</b> <sub>1,0</sub> = <b>Fe</b> = <b>Cr</b> = <b>Na</b> = <b>Lu</b> = <b>Rb</b> = <b>Sr</b> = <b>Ta</b> = <b>Sm</b> = <b>Tb</b>
с. Моряковский затон	<b>La</b> <sub>1,8</sub> = <b>As</b> – <b>Ca</b> <sub>1,7</sub> – <b>Sc</b> <sub>1,6</sub> – <b>Co</b> <sub>1,4</sub> – <b>Tb</b> <sub>1,3</sub> – <b>Lu</b> <sub>1,1</sub> = <b>Zn</b> = <b>Fe</b> – <b>Ba</b> <sub>1,0</sub> = <b>Ce</b>
пос. Мирный	<b>Hf</b> <sub>1,7</sub> – <b>Sm</b> <sub>1,6</sub> = <b>Ce</b> = <b>Au</b> – <b>Br</b> <sub>1,4</sub> – <b>Rb</b> <sub>1,3</sub> = <b>Na</b> = <b>Ba</b> = <b>U</b> – <b>Cr</b> <sub>1,2</sub> = <b>Nd</b> – <b>Lu</b> <sub>1,1</sub> = <b>Zn</b> = <b>Sb</b> = <b>Fe</b>
г. Асино	<b>Eu</b> <sub>1,2</sub> – <b>Cr</b> = <b>Nd</b> = <b>Au</b> = <b>U</b> – <b>Ce</b> <sub>1,1</sub> – <b>Lu</b> <sub>1,0</sub> = <b>Th</b> = <b>Na</b>

*Примечание.* Жирным выделены элементы с коэффициентом концентрации более 1,5.

При анализе выборки проб из г. Томска стоит учитывать административное и географическое разделение города на четыре района, с разными геоэкологическими условиями каждого из них. Районирование населённого пункта позволяет лучше оценить характер воздействия разных видов промышленно-сти на человеческий организм [16].

Сравнительная диаграмма концентрирования изученных элементов в плацентарной ткани жительниц изученных районов города Томска (рис. 3) демонстрирует, что именно Ленинский район является зоной, в биоматериалах жительниц которой аккумулируется наибольшее содержание химических элементов. Изученный биоматериал из Ленинского района накапливает больше Ca, Sc, Cr, Fe, Co, Zn, Ba, La, Hf, Th. Пробы из Кировского района отличаются содержаниями Na, Br, Cs, Ce, Nd, Eu, Au, из Октябрьского – Ta и U. Особенностью Ленинского района является большее содержание Rb, Ag, Lu.



**Рисунок 3** – Диаграмма накопления элементов в плаценте жительниц г. Томска (коэффициент концентрации относительно среднего содержания элемента в выборке)

Исходя из результатов других исследований, рассматривающих вероятные источники поступления элементов в живой организм, можно предположить,

что именно экологическая напряжённость северной части города (Ленинский и Кировский район) – сосредоточение котельных и частного сектора, которые, в свою очередь, являются источниками поступления шлака и золы, – определяет интенсивное аккумулярование элементов в плацентарной ткани их жительниц [17]. Это предположение подкрепляется результатами изучения состава пылеаэрозолей и почв [17]. Природные среды северных районов города (Ленинский и Кировский) содержат наибольшие количества сажи и шлака.

Построение биогеохимических рядов для выделения специфических элементов в пробах плацентарных тканей каждого городского района (табл. 2) показывает, что, как и разные населённые пункты Томской агломерации, районы г. Томска имеют свои отличительные черты. Общим для каждого района является факт накопления эссенциальных элементов Na, Ca, Zn, Fe, что является нормальным свойством биоматериала, помимо этого наблюдаются высокие коэффициенты концентрации редкоземельных металлов (Ce, La, Lu, Tb), Au, Br. Однако каждый район имеет свои особенности концентрирования химических элементов в плацентарной ткани. В пробах из Советского района достигают своего максимума концентрации Th, Ba, Sm, Cr, Hf, а в Октябрьском районе – Ca, Sb, Ag. Ленинский район отличается высокими концентрациями U, Eu, а Кировский район – Nd, Cs, Au, Cr, Hf, Ce.

Примечательным является факт концентрирования Th, U плацентой жительниц северной части города (Ленинский, Октябрьский районы), что может быть связано с воздействием Северного промышленного узла.

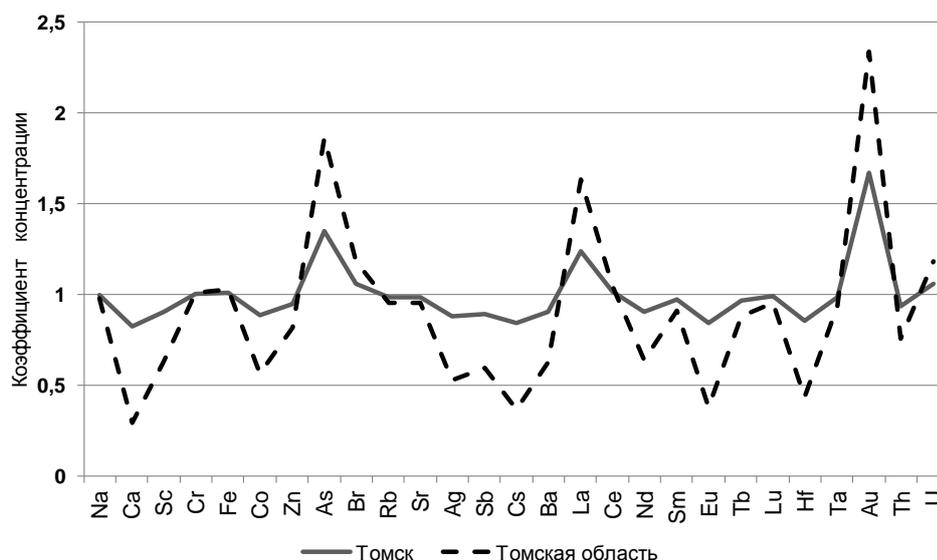
Сравнивая между собой концентрации химических элементов жительниц г. Томска и Томской области (рис. 4), можно отметить, что в плацентах, отобранных на территории г. Томска, концентрируется большее количество элементов (23 из 28), за исключением Cr, Fe, As, La, Au.

Интерес вызывает факт повышенного концентрирования As, La, Au в пробах биоматериала, отобранных в населённых пунктах Томской области, а не на территории Томска. Примечательным является то, что для остальных элементов максимальные содержания обнаруживаются именно в пробах из города Томск. Вероятно, это различие связано с физиологическими особенностями организма, что требует дальнейшего изучения.

**Таблица 2** – Специфика накопления элементов в плаценте жительниц г. Томска (относительно среднего содержания по выборке)

Районы	Биогеохимический ряд
Советский	Th <sub>2,8</sub> – Ba <sub>2,5</sub> – Sm <sub>2,2</sub> – Sc <sub>2,1</sub> – Cr <sub>1,7</sub> – Hf <sub>1,6</sub> – Ca <sub>1,5</sub> – Co <sub>1,4</sub> – Fe <sub>1,3</sub> – Sr <sub>1,3</sub> – Cs <sub>1,2</sub> – Zn <sub>1,2</sub> – La <sub>1,1</sub> – Ce <sub>1,0</sub> – Eu <sub>1,0</sub> – Lu <sub>1,0</sub> – Br <sub>1,0</sub>
Октябрьский	Ca <sub>1,7</sub> – Sb <sub>1,7</sub> – Ag <sub>1,6</sub> – Sm <sub>1,3</sub> – Co <sub>1,3</sub> – Sc <sub>1,3</sub> – Zn <sub>1,1</sub> – Lu <sub>1,1</sub> – Rb <sub>1,0</sub> – Br <sub>1,0</sub> – Cs <sub>1,0</sub> – La <sub>1,0</sub> – Tb <sub>1,0</sub> – Na <sub>1,0</sub>
Ленинский	U <sub>1,8</sub> – Eu <sub>1,7</sub> – Tb <sub>1,3</sub> – Ta <sub>1,2</sub> – Ag <sub>1,2</sub> – Fe <sub>1,2</sub> – Rb <sub>1,1</sub> – Hf <sub>1,1</sub> – Na <sub>1,1</sub> – Cu <sub>1,0</sub> – Lu <sub>1,0</sub>
Кировский	Nd <sub>4,7</sub> – Cs <sub>3,5</sub> – Au <sub>2,1</sub> – Cr <sub>1,6</sub> – Hf <sub>1,6</sub> – Ce <sub>1,6</sub> – Tb <sub>1,3</sub> – Br <sub>1,2</sub> – Na <sub>1,2</sub> – Zn <sub>1,1</sub> – Ca <sub>1,0</sub> – Lu <sub>1,0</sub> – La <sub>1,0</sub> – Rb <sub>1,0</sub>

*Примечание.* Жирным выделены элементы с коэффициентом концентрации более 1,5.



**Рисунок 4** – Диаграмма накопления элементов в плаценте жительниц г. Томска и Томской области (коэффициент концентрации относительно среднего содержания элемента в выборке)

Несмотря на то, что плацентарная ткань концентрирует меньшие концентрации элементов при сравнении с классическими объектами исследования биосубстратов человека, её химический состав схож с другими биологическими объектами. Помимо макрокомпонентов, свойственных каждой живой ткани (Ca, Na, Fe), все объекты содержат высокие концентрации редкоземельных элементов (La, Ce, Lu, Nd,

Sm), золота, брома, мышьяка, тяжелых металлов (Co, Cr, Hf) и радиоактивных элементов (U, Th) (табл. 3). Авторы предполагают, что именно такой микроэлементный состав является своеобразной «визитной карточкой» Томской области, сформировавшейся в результате комплексного воздействия природных и антропогенных факторов на человеческий организм.

**Таблица 3** – Специфика накопления элементов в разных биосубстратах жителей г. Томска по данным Н.В. Барановской [18] (относительно общего среднего содержания элемента в выборке)

Биосубстрат	Биогеохимический ряд
Плацента	Au <sub>1,7</sub> – As <sub>1,3</sub> – La <sub>1,2</sub> – U <sub>1,1</sub> = Br – Ce <sub>1,0</sub> = Fe = Cr = Na = Lu = Rb = Sr = Ta = Sm = Tb – Zn <sub>0,9</sub> = Th
Кровь детей	Zn <sub>61</sub> – Cr <sub>16</sub> – Sc <sub>7</sub> – Br <sub>5</sub> – Na <sub>4</sub> – Co <sub>2</sub> – Au <sub>1,6</sub> – Rb <sub>1,2</sub> – Ag <sub>1,1</sub> – Yb <sub>1</sub>
Волосы детей ТЭК	Sm <sub>13</sub> – La <sub>8</sub> – Fe <sub>5,3</sub> – Sc <sub>5</sub> – Hf <sub>4,9</sub> – Lu <sub>3,7</sub> – U <sub>3,7</sub> – Cr <sub>3,3</sub> – Br <sub>3,2</sub> – Co <sub>3</sub> – Au <sub>2,2</sub> – Th <sub>1,8</sub> – Yb <sub>1,7</sub> – Sb <sub>1,7</sub> – Ag <sub>1,7</sub> – Ca <sub>1,7</sub> – Zn <sub>1,3</sub> – Ce <sub>1,1</sub> – Na <sub>0,8</sub>
Волосы детей СХК	Th <sub>21</sub> – Lu <sub>15</sub> – Fe <sub>9</sub> – Sc <sub>9</sub> – Hf <sub>8</sub> – Co <sub>6</sub> – Cr <sub>5,8</sub> – U <sub>5,6</sub> – Br <sub>4,9</sub> – Sm <sub>4,5</sub> – La <sub>3,6</sub> – Ce <sub>3</sub> – Ca <sub>2</sub> – Zn <sub>1,6</sub> – Au <sub>1,4</sub> – Rb <sub>1,2</sub>
Кровь человека СХК	Ce <sub>21</sub> – Br <sub>9,5</sub> – La <sub>7</sub> – Hf <sub>3,6</sub> – Th <sub>3,5</sub> – Yb <sub>3,3</sub> – U <sub>2,5</sub> – Na <sub>2,4</sub> – Sc <sub>2,3</sub> – Cr <sub>2,1</sub> – Sb <sub>2</sub> – Zn <sub>1,8</sub> – Rb <sub>1,4</sub> – Co <sub>1,1</sub> – Se <sub>0,9</sub> = Fe

#### Выводы

По результатам исследования можно предположить, что плацентарная ткань, как природная барьерная система живого организма, избирательно концентрирует химические элементы из окружающей среды, частично изменяя свой химический состав в зависимости от внешних факторов. Пробы из каждого населённого пункта Томской агломерации, а также из каждого района города концентрируют разные элементы. Этот факт требует дальнейшего изучения.

#### Список литературы:

1. Кондратьева Е.И., Барабаш Н.А., Станкевич С.С., Протасова Н.В., Барановская Н.В., Перевозчикова Т.В. Региональные особенности биоэлементного состава иммунологических факторов грудного молока женщин, проживающих в г. Томске. Возможность коррекции. Томск: Medela, 2012. 80 с.
2. Барановская Н.В., Игнатова Т.Н., Рихванов Л.П. Геохимические барьеры в организме человека // Биокосные взаимодействия в природных и антропогенных системах: мат-лы IV междунар. симпозиума,

Санкт-Петербург, 19–21 сентября 2011. СПб.: ВВМ, 2011. С. 284–288.

3. Михальчук А.А., Язиков Е.Г. Многомерный статистический анализ эколого-геохимических измерений. Ч. II. Компьютерный практикум: учебное пособие. Томск: Изд. ТПУ, 2014. 150 с.

4. Nahan K.S., Walsh K.B., Adeoye O., Landero-Figueroa J.A. The metal and metalloprotein profile of human plasma as biomarkers for stroke diagnosis // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2017. № 42. P. 81–91.

5. Maduray K., Moodley J., Soobramoney C., Moodley R., Naicker T. Elemental analysis of serum and hair from pre-eclamptic South African women // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2017. Vol. 43. P. 180–186.

6. Vinceti M., Filippini T., Mandrioli J., Violi F., Bargellini A., Weuve J., Fini N., Grill P., Michalke B. Lead, cadmium and mercury in cerebrospinal fluid and risk amyotrophic lateral sclerosis: A case-control study // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. 2017. № 43. P. 121–125.

7. Татарникова Н.А., Костяева Е.А. Патолого-морфологические изменения плацентарного барьера при хламидийной инфекции у коров // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2011. № 2. С. 255–256.
8. Чугунова Ю.А., Вяйзенен Г.А., Тимошкина Е.Н., Некрасов А.В., Левоско М.Ю., Смагина И.А., Афанасьев А.И., Горохова Е.Н., Моржецкая Р.Ю. Концентрация тяжелых металлов в околоплодной жидкости и плаценте коров при скармливании травяной муки из донника белого и клевера // Миграция тяжелых металлов и радионуклидов в звене: почва – растение (корм, рацион) – животное – продукт животноводства – человек. Великий Новгород: Новгор. гос. ун-т, 2003. С. 237–244.
9. Тарасова И.В., Турова Л.А., Касян С.Н., Романовская А.А. Содержание кобальта, никеля и свинца в системе мать – плацента – плод у детей с перинатальным гипоксическим поражением центральной нервной системы // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. 2014. № 28. С. 82–87.
10. Влияние низкоэнергетического магнитолазерного излучения на содержание тяжелых металлов в плаценте и околоплодных водах коров // Экологическая безопасность в АПК. Реферативный журнал. 2003. № 1. С. 3.
11. Коновалова С.Г., Суханов С.Г. Влияние факторов целлюлозного производства на структурно-функциональное развитие плаценты у женщин г. Архангельска // Экология человека. 1995. № 5. С. 53–54.
12. Кошелева Н.Г. Барьерная и транспортная функции плаценты // Журнал акушерства и женских болезней. 2010. Т. LIX, вып. 5. С. 95–102.
13. Грызлова Л.В., Поняев В.В., Кожаев Р.В. Влияние длительной интоксикации свинцом беременных самок белых крыс на остеопластические процессы в организме их потомства // In Situ. 2015. № 3 (3). С. 14–15.
14. Деев Л., Лопашин П., Нивеницын Э., Соловьева Е., Доросевич А., Моисеенкова С., Новиков И., Пахомова Н. Элементный состав плаценты по данным энергодисперсионного рентгеновского микроанализа на базе СЭМ // Аналитика. 2017. № 3 (34). С. 74–80.
15. Гришук Г.П., Омеляненко Н.Н. Проницаемость минеральных веществ через плацентарный барьер коров // Ученые записки учреждения образования «Витебская ордена "Знак Почёта" государственная академия ветеринарной медицины». 2013. Т. 49, вып. 1, ч. 2. С. 73–75.
16. Крупская Л.Т., Дербенцева А.М., Новороцкая А.Г., Бубнова М.Б., Яковенко Г.П. Мониторинг среды обитания: учебное пособие. Ч. 1. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та, 2007. 180 с.
17. Рихванов Л.П., Язиков Е.Г., Сухих Ю.И., Барановская Н.В. и др. Эколого-геохимические особенности природных сред Томского района и заболеваемость населения: монография / науч. ред. А.Г. Бакиров. Томск: Томский политехнический университет, 2006. 216 с.
18. Барановская Н.В. О некоторых тенденциях в изменении химического состава живого вещества // Геохимия живого вещества: мат-лы междунар. молодежной школы-семинара (Томск, 2–5 июня 2013 г.); Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. С. 42–56.

## THE INFLUENCE OF TECHNOGENESIS ON THE ACCUMULATION OF CHEMICAL ELEMENTS IN THE PLACENTAL BARRIER OF TOMSK REGION WOMEN

© 2019

**Belyanovskaya Alexandra Igorevna**, postgraduate student of Geology Division of Engineering School of Natural Resources; PhD student of Engineering and Design Laboratory  
*National Research Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation);  
Arts et Métiers ParisTech (Bordeaux, French Republic)*

**Baranovskaya Natalya Vladimirovna**, doctor of biological sciences, professor of Geology Division of Engineering School of Natural Resources  
*National Research Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation)*

**Stankevich Svetlana Sergeevna**, candidate of medical sciences, head of Center for Support of Breast and Rational Feeding of Tomsk  
*Center of Medical Care (Tomsk, Russian Federation)*

**Laratte Bertrand**, PhD, associate professor

**Perry Nicolas**, PhD, professor  
*Arts et Métiers ParisTech (Bordeaux, French Republic)*

**Abstract.** The paper discusses general patterns of chemical elements accumulation in the placental tissue of residents of different Tomsk agglomeration settlements (Tomsk, Asino, the settlement of Mirny, the village of Moryakovsky Zaton) as well as of Tomsk districts (Sovetsky, Leninsky, Oktyabrsky, Kirovsky) as an indicator that demonstrates a degree of human impact on the human health. The paper describes possible sources of chemical elements in the human body, depending on residence area. The chemical elements were determined to the maximum (the concentration coefficient exceeds 1,5) accumulated in the tissues of the residents of each settlement. For Tomsk they are Au, As, La, U, Br, for the village of Moryakovsky Zaton – La, As, Ca, Sc, for the village of Mirny – Hf, Sm, Ce, Au; in the city of Asino Eu reaches the maximum concentration coefficient that equals to 1,2. According to the study, the authors assumed that in the barrier system of the placenta, as in the protective mechanism of the body, chemical elements accumulate selectively, depending on their release from the environment. In the specific accumulation of elements, the so-called «geochemical face» of each studied area appears.

**Keywords:** human biosubstrates; placental tissue; instrumental-neutron activation analysis (INAA); biogeochemical barriers; elemental composition of living organism; rare-earth elements; Tomsk agglomeration; living matter; anthropogenic; anthropogenically transformed territories.