

3. Вольфсон, И.Ф. Вклад РОСГЕО в обеспечении медико-экологической безопасности геологоразведочных и горно-добывающих предприятий / И.Ф. Вольфсон // ММР. — 2013. — № 1. — С. 75–77.
4. Доклад об экологической ситуации в Тюменской области в 2014 г. / Правительство Тюменской области. — Тюмень, 2015. — 212 с.
5. Медицинская геология: состояние и перспективы / Отв.ред. И.Ф. Вольфсон / Российское геологическое общество. — М.: ГЕРС, 2010. — 219 с.
6. Centeno, J.A. Medical geology: impacts of the natural environment on public health / J.A. Centeno, R.B. Finkelman, O. Selinus // Geosciences. — 2016. — Vol. 6. — № 8. — P. 1–3.
7. Finkelman, R.B. The emerging medical and geological association / R.B. Finkelman, J.A. Centeno, O. Selinus // Transactions of the American Clinical and Climatological Association. — Vol. 116. — 2005. — P. 155.
8. Gimranova, G.G. Prevalence of main non-infectious work-related diseases among oil extraction workers / G.G. Gimranova, A.B. Bakirov, E.R. Shaikhislamova et al. — Occupational medicine and human ecology — 2016. — N 1. — P. 5–15.
9. Kamel Boulos, M.N. — On the road to personalised and precision geomedicine: medical geology and a renewed call for interdisciplinarity / M.N. Kamel Boulos, J. Le Blond // International Journal of Health Geographics. — 2016. — Vol. 15. — N 5. — P. 1–12.
10. Volfson, I.F. To the proposal of medical geology research on the territory of Kamchatka Peninsula (Russia) / I.F. Volfson, L.A. Dasaeva, E.G. Farrahov et al / Conference materials of 7th International conference on medical geology. — Moscow: ROSGEO, 2017. — P. 43.
11. Yakushina, O.I. The impact of medical and geological factors on the wellbeing of the population in the Tyumen and Kaliningrad regions / O.I. Yakushina, Y.V. Bespalova, I.F. Volfson, L.A. Dasaeva. / Conference materials of 7th International conference on medical geology — Moscow: ROSGEO, 2017. — P. 86.

© Коллектив авторов, 2018

Якушина Ольга Игоревна / yakfibio@gmail.com
 Беспалова Юлия Владимировна / bespalova_y@mail.ru
 Вольфсон Иосиф Файтелевич / rosgeo@yandex.ru
 Дасаева Людмила Александровна / rosgeo@yandex.ru
 Фаррахов Евгений Гатович / rosgeo@yandex.ru

УДК 504.064

**Рихванов Л.П., Арбузов С.И., Барановская Н.В.,
 Язиков Е.Г. (Национальный исследовательский
 Томский политехнический университет)**

ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КАК ОСНОВА ДЛЯ СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ МЕДИ- ЦИНСКОЙ ГЕОЛОГИИ В НАЦИОНАЛЬНОМ ИССЛЕ- ДОВАТЕЛЬСКОМ ТОМСКОМ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

*Представлены результаты эколого-геохимических исследований сотрудников кафедры геоэкологии и геохимии Национального исследовательского Томского политехнического университета. Изучение различных компонентов природной среды, биосубстратов и зольного остатка организма человека показывает, что их элементный состав формируется под влиянием природных и техногенных факторов. Изменение химического состава находит свое отражение в проявлении ряда заболеваний. Полученные эколого-геохимические данные являются основой для становления и развития идей медицинской геологии. **Ключевые слова:** медицинская геология, экогеохимия, компоненты природной среды, биосубстраты, заболеваемость.*

Rikhvanov L.P., Arbuzov S.I., Baranovskaya N.V., Yazikov E.G. (National Research Tomsk Polytechnic University)

ECOLOGICAL AND GEOCHEMICAL STUDIES AS THE BASIS FOR FORMATION AND DEVELOPMENT OF MEDICAL GEOLOGY IN NATIONAL RESEARCH TOMSK POLYTECHNIC UNIVERSITY

*The article presents the results of ecological and geochemical investigations at Geoecology and Geochemistry Department of National Research Tomsk Polytechnic University. Study of various natural components, biological substrates and ash residue of human body shows that their elemental composition is influenced by natural and anthropogenic factors. The change of chemical composition reflects in the manifestation of several diseases. The obtained ecogeochemical data are the basis for the formation and development of medical geology ideas. **Keywords:** medical geology, ecogeochemistry, natural components, biological substrates, morbidity.*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет одним из направлений своей научной деятельности считает и активно развивает выполнение исследований в новом, достаточно быстро развивающемся направлении, известном под названием медицинская геология. По этому направлению исследований защищаются докторские и кандидатские диссертации, издаются монографии [1, 6, 10], публикуются статьи в журналах и материалах конференций, проводятся конференции и молодежные школы. Свидетельством этой активности может быть и факт участия восьми представителей этого направления исследований в VII Международной конференции по медицинской геологии, состоявшейся в августе 2017 г. в Москве. На ее заседаниях ими было сделано 8 докладов. Состоялся активный обмен мнениями, укрепилась дружественные связи и намечились новые направления совместной деятельности.

Особо следует отметить, что в учебные курсы по направлениям подготовки «Геология» и «Экология и природопользование» (бакалавры, магистры) в Национальном исследовательском Томском политехническом университете введены и читаются курсы «Медицинская геология» и «Геохимия живого вещества». Ежегодно на кафедре защищается 5–7 магистерских диссертаций, в которых обсуждается проблема взаимосвязи особенностей геохимии природной среды и оценки ее влияния на качество среды обитания человека и его здоровье. В подготовке молодых специалистов постоянно участвуют через проведение мастер-классов ведущие ученые в области медицинской геологии. Так, только за последние два года перед студентами и аспирантами ТПУ по данной тематике выступили: Саверио Фиоре (Италия), Дэвид Поля (Великобритания), Роберт Финкельман (США), Нанпинг Ванг (Китай). Совместно с университетами Франции в рамках этого научного направления ведется подготовка аспирантов под двойным научным руководством с получением дипломов двух государств.

Таких защит состоялось уже две и в стадии подготовки еще одна. Так, последняя защита (Перминова Т.А.) была посвящена геохимии брома в среде обитания человека и оценке его экотоксичности.

Современная аппаратурная база для научных исследований позволяет нам на хорошем научном уровне исследовать различные компоненты природной среды: угли и продукты их сжигания (С.И. Арбузов, А.В. Волостнов, С.С. Ильенок), почвы (Е.Г. Языков, Л.В. Жорняк), донные отложения (А.Ю. Иванов), пыле-аэрозольные выпадения (Е.Г. Языков, А.Ю. Шатилов, А.В. Таловская, Е.А. Филимоненко, Т.С. Шахова), торф, мхи (А.М. Межибор), лишайники (Т.С. Большунова), растительность (Н.В. Барановская, И.В. Шилова, Е.В. Черненькая), листья деревьев (А.Р. Ялалтдинова, Д.В. Юсупов), годовые кольца деревьев (Т.А. Архангельская, Ю.Л. Замятина), волосы (Д.В. Наркович), кровь (Н.В. Барановская), органы и ткани человека (Н.В. Барановская, О.А. Денисова, Т.Н. Игнатова), зольный остаток организма человека (Л.П. Рихванов, Н.В. Барановская, Т.Н. Игнатова, М.А. Дериглазова), солевые отложения питьевых вод (Т.А. Монголина, Б.Р. Соктоев, Ш.Ж. Арынова), уrolиты человека (А.К. Полиенко, О.А. Севостьянова) — и также изучать естественную радиоактивность и радон как фактор влияния на здоровье (А.Н. Злобина). По данному направлению работ нами опубликовано 8 монографий [1–3, 5–7, 10, 13] и значительное количество статей.

Результаты исследований

Широкий комплекс изученных сред, отобранных и подготовленных по единой технологии, проанализированных в аккредитованных лабораториях по аттестованным методикам на максимально широкий спектр химических элементов, в число которых в обязательном порядке входят редкие, радиоактивные и редкоземельные элементы, позволяет нам получить как фоновые геохимические характеристики компонентов природной среды, так и изменение этих параметров, происходящих в результате активной деятельности человека. Использование в исследованиях последовательно формирующихся сред (ледники, торфяники, донные отложения, годовые кольца деревьев и др.), а также гербарного материала, отобранного в строго зафиксированное время, позволяет определять время поступления тех или иных поллютантов в среду обитания человека [7]. Все работы эколого-геохимического характера имеют логическое окончание, спроецированное на оценку качества среды обитания человека и оценку влияния геохимических факторов среды на здоровье человека. Эта часть исследований проводится совместно с врачами различного профиля и фармацевтами.

Следует отметить, что в Томске, являющемся одним из центров развития вузовской и академической науки в Сибири, уже на первых порах создания высших учебных заведений обращали внимание на необходимость изучения взаимосвязи здоровья человека и методов его поддержания (лечение, оздоровление, профилактика) с факторами природной среды. В тот период времени они были обусловлены, прежде всего, климатом,

спецификой питания, качеством питьевых вод и, конечно, особенностями геологической среды. Так, в Императорском государственном университете, открытом в 1880 г. в составе единственного медицинского факультета (сегодня — Сибирский государственный медицинский университет) студентам-медикам в обязательном порядке читался курс «Минералогия». Преподавание его осуществлял первый геолог Томска, профессор А.М. Зайцев. Радиоактивность природной среды начали изучать ученые государственного университета (П.П. Орлов и др.) и технологического института (В.С. Титов и др.).

Ученые вузов Томска в начале XX в. активно изучали бальнеологические ресурсы Сибири (минеральные воды, грязи и т.д.). Именно в Томске профессор М.Г. Курлов разработал классификацию воды по химическому составу (1928), а предложенная им формула состава воды используется и по настоящее время.

В этот период времени лаборант Томского технологического института (сегодня — Томский политехнический университет) В.С. Титов открыл и описал радиоактивность воды в районе д. Белокуриха на Алтае (1913), который теперь является популярным российским курортом, использующим активно метод радиотерапии для оздоровления населения.

Небезинтересно отметить, что в тот период времени обращалось внимание на особенности расселения местного населения, которые интуитивно учитывали качество среды обитания. Так, профессор И.А. Багашев уже в 1914 г., исследуя качество питьевых вод Забайкалья, отмечал, что местные аборигены никогда не селились вблизи источников воды, представляющих опасность по радиационному фактору (высокое содержание радона и т.д.), а в казачьих поселках, расположенных около них, отмечалась высокая заболеваемость.

Лауреат Ленинской премии, один из первооткрывателей Стрельцовой группы урановых месторождений в Забайкалье В.П. Зенченко в своих книгах пишет о людях, которые практически не имея представления об урановых рудах, а тем более о методах поисков (которых тогда и не существовало) в своих заявках отмечали те места, где возможно их нахождение и много позднее они были там найдены: Дурулгуевское месторождение (Н.Ф. Горлинский); район Стрельцовой группы месторождений (И.Г. Лонченков). На основании чего это делалось? Вероятно, также из многолетних наблюдений за фенологическими явлениями, поведением животных и т.д. в таких районах, которые по современным понятиям соответствуют геопатогенным зонам, связанным, в данном случае, с повышенным уровнем радиоактивности. Именно такого рода зонами и территориями занимается медицинская геология. Этой проблеме на московской конференции (Med-Geo-2017) было посвящено несколько наших докладов, вызвавших большую дискуссию.

Если следовать определению медицинской геологии, которое утверждает что это «*научное направление о взаимосвязи между природными геологическими явлениями и здоровьем людей и животных*», то прежде всего,

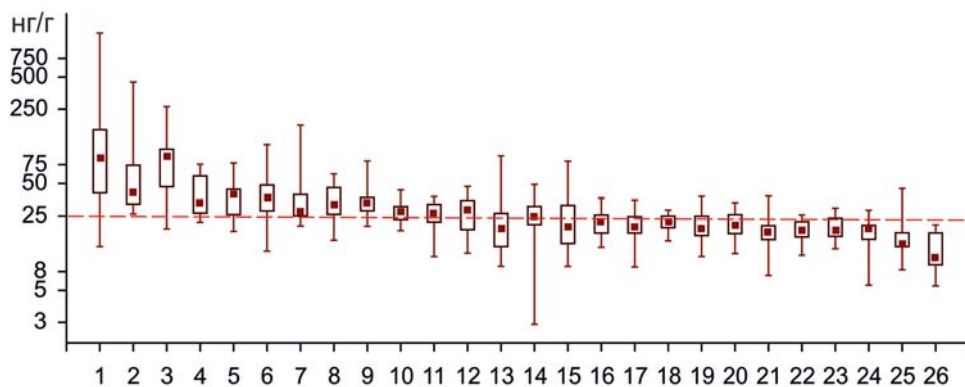
это можно рассматривать как взаимосвязь с эндогенными (землетрясения, вулканизм, тектоника и др.) и экзогенными (сели, оползни, специфика корообразования, поверхностные и подземные воды, состав и особенности строения осадочных бассейнов и т.д.) геологическими факторами, а также особенностями проявления природных геофизических (гравитация, радиация и т.д.) и геохимических полей, в зону действия которых попадает человек и животные. Как мы видим из определения, область этого научного направления не рассматривает взаимосвязь здоровья человека и животных с факторами техногенеза как специфической геохимической системы, выделенной А.Е. Ферсманом в 1937 г., особенности которой обусловлены деятельностью человека.

На сегодняшний день техногенез по масштабам своей проявленности сравнялся, а в некоторых случаях превзошел природные геологические процессы, особенно в геохимическом аспекте. Например, анализируя особенности заболевания человека в таких старых горнорудных районах как Урал, рассматривать структуру и частоту заболеваемости, особенности протекания заболеваний лишь с точки зрения природных факторов абсолютно недостаточно. Наряду с изначальными природными (химический состав пород, принимающих участие в строении региона, тектоника, геофизические и геохимические поля и др.), главенствующими факторами воздействия на здоровье человека являются факторы техногенеза. Это хорошо видно по показателям суммарного загрязнения природных сред (СПЗ), в том числе почв, вод и др. Ярким подтверждением этому являются материалы докторской диссертации Л.Н. Белан по восточному склону Урала (в пределах территории Республики Башкортостан). Выполненный исследователем анализ показал наличие связи как природных (геологических), так и техногенных факторов, влияющих на здоровье местного населения. Поэтому мы считаем, что медицинская геология должна включать в область своих интересов и районы с интенсивным проявлением техногенеза, который трансформирует среду обитания человека, усиливая протекание тех или иных природных геохимических процессов. Например, добыча угля приводит к вскрытию продуктивных пластов, их интенсивному окислению, вплоть до возникновения угольных пожаров и соответственно миграции токсических химических элементов в углях (Hg, Tl и др.). Возникающие техногенные геохимические потоки элементов трансформируют ранее существовавшие природные аномалии [5]. Именно выявленная взаимосвязь между уровнем накопления элементов в компонентах природной среды (горных породах, почвах, водах) и заболеваемостью животных и человека стала ключевым моментом в создании учения о биогеохимических провинциях, у истоков которого стояли А.П. Виноградов, В.В. Ковальский, С.М. Ткалич, А.Л. Ковалевский и др. В 1957 г. в СССР появилась первая биогеохимическая карта страны, на которой были выделены зоны недостатка йода (I), кобальта (Co), меди (Cu), избытка

бора (B), никеля (Ni); регионы с проявлением эндемических заболеваний («уровская» болезнь или болезнь Кашина-Бека) и другие, согласно имеющейся на тот момент времени биогеохимической информации. В 1962 г. был представлен второй, более усовершенствованный вариант этой карты. В этот период времени в СССР формировалось новое научное направление, названное В.В. Ковальским «*геохимическая экология*», которое, по своей сущности, является предтечей «*медицинской геологии*», только с более ярко выраженным геохимическим и биологическим уклонами.

Следует признать, что за прошедшие 50–60 лет материалы требуют существенной переработки, дополнения и практического наполнения. Это достаточно сложная проблема как в организационном, так и в финансовом аспектах, требующая создания Государственной программы. Но, тем не менее, мы должны приветствовать создание некоторых обобщений по данной проблеме группой ученых МГУ под руководством академика Н.С. Касимова (Регионы и города России ..., 2014), а также работы по определению геохимического статуса населения России, выполненные под эгидой Федерального медико-биологического агентства большим коллективом авторов, представляющих школу профессора А.В. Скального (Элементный статус населения России, 2010).

В развитие этих подходов по биогеохимическому районированию территорий России нами начаты исследования по изучению химического состава листьев тополя. Сегодня в нашей базе данных несколько тысяч проб с аналитической информацией по населенным пунктам из регионов Сибири, Дальнего Востока и Казахстана. В первом приближении уже можно утверждать, что элементный состав листьев отражает как природную, так и антропогенную составляющую, каждый из регионов имеет свой характерный спектр элементов [12]. Так, например, территория Забайкалья характеризуется высокими концентрациями урана, цезия, ряда редких и редкоземельных элементов, тогда как листья тополя из Обь-Иртышского бассейна характеризуются избыточным накоплением брома. Весьма интересно смотрится ранжирование городов по уровню накопления ртути в листьях тополя (рис. 1). Наибольшая эмиссия ртути на юге Западной Сибири связана с производством лития (г. Новосибирск), добычей и переработкой руды из месторождения ртути (пос. Акташ), хлор-щелочным производством (г. Яровое, г. Славгород), предприятиями теплоэнергетики, использованием ртутьсодержащих пестицидов в сельском хозяйстве. Многочисленные расчеты (Г.Н. Аношин и др.) показывают, что наиболее существенное поступление ртути в биосферу происходит при сжигании угля. В атмосферу при этом поступает большой «букет» и других элементов-токсикантов. Не случайно среди экологов существует расхожее мнение, что тепловые электростанции, работающие на угле, являются «химической бомбой» замедленного действия. Проводимые нами работы по изучению геохимии углей Центральной Азии показывают, что они действительно



Новокузнецк, 15 — Благовещенск, 16 — Иркутск, 17 — Абакан, 18 — Тюмень, 19 — Томск, 20 — Хабаровск, 21 — Ангарск, 22 — Ачинск, 23 — Тобольск, 24 — Улан-Удэ, 25 — Саяногорск, 26 — Якутск

содержат значительный спектр химических элементов (рис. 2), в том числе экотоксикантов (As, Hg и др.), которые усугубляют экологическую обстановку и повышают риски заболеваемости населения [1]. В каждом конкретном случае использования углей необходимо проводить оценку ценных и токсичных элементов согласно существующим методическим указаниям. Сжигание углей на тепловых станциях является также основным источником поступления твердофазных аэрозолей, являющихся предметом изучения нашего коллектива.

По данным ВОЗ, обобщений Ю.П. Гичева, Б.А. Ревича, Г.Г. Онищенко, Г.П. Щербо и других известно, что аэрозоли атмосферного воздуха могут быть причиной до 10 % всех случаев респираторных заболеваний детей и до 15 % бронхиальной астмы. В городах России загрязнение воздуха обуславливает около 40 тысяч смертей. По этой причине исследованию химического и минерального составов пылеаэрозолей уделяется большое внимание во всех странах. На прошедшем в Москве форуме по проблеме медицинской геологии

этому были посвящены обстоятельные доклады Р.Б. Финкельмана и др. В условиях территории Сибири и Казахстана с резко континентальным и холодным климатом и плохими условиями рассеивания и переноса этот фактор особенно актуален.

Элементный и минеральный состав пылеаэрозольных выпадений отражает специфику промышленных предприятий, находящихся на территории. Во всех случаях геохимические аномалии, образуемые выпадениями из атмосферы, связаны с промышленными выбросами и характеризуются наличием полиэлементного спектра высоких концентраций. Для промышленных районов юга Западной Сибири отмечается геохимическая особенность, которая определяется типоморфным составом элементов (рис. 3). При этом величины коэффициентов концентраций в твердом осадке снега промышленных районов отражают специфику предприятий, преобладающих в данном районе.

Величина суммарного показателя загрязнения для урбанизированных территорий промышленных районов изменяется от *высокой* (128–256 единиц в районах: машиностроения и металлообработки (РММО), угледобычи (УДР), нефтехимического производства (РНХП)) до *средней* (64–128 единиц в районах: с разнопрофильным производством (РПП), предприятиями ядерно-топливного цикла (РЯТЦ), редкометалльным производством (РММО), теплоэнергетическим комплексом (ТЭК), в горнодобывающих районах (ГДР)) и *низкой* степени загрязнения (менее 64 единиц в нефтегазодобывающих районах (НГДР)).

Использование снежного покрова как природного планшета-накопителя загрязняющих веществ из атмосферы, в том числе и твердых частиц, позволяет решать вопросы медицинской геологии урбанизированных территорий. На данный момент у нас имеется база данных по уровню накопления микроэлементов (тяжелые металлы, редкие, редкоземельные, радиоактивные и др.) и макроэлементов в твердой и жидкой фазе снежного покрова в городских агломерациях Томской, Омской, Кемеровской областей, Красноярского края и Республики Казахстан, испытывающих воздействие предприятий различной специализации и объектов теплоэнергетики. На этой основе выявлены современ-

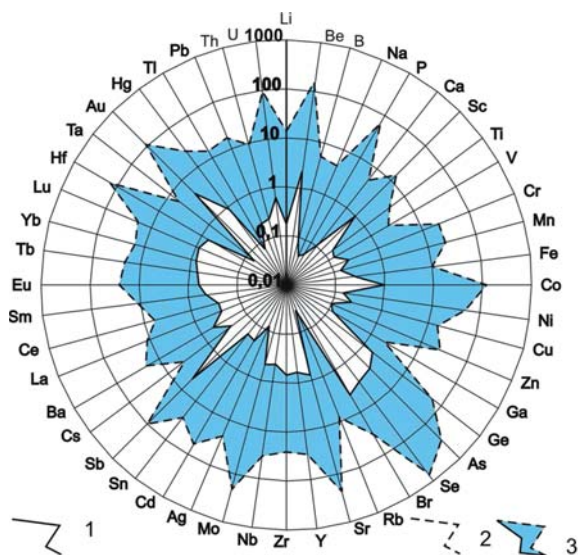


Рис. 2. Элементы-примеси в углях Сибири. Содержание элемента выражено через коэффициент концентрации, рассчитанный по его среднему в верхней части земной коры: 1 — среднее содержание элемента; 2 — наибольшее локально высокое содержание элемента; 3 — поле локально высоких содержаний

Рис. 1. Статистические параметры содержания ртути в листьях тополя в городах Сибири и Дальнего Востока: Условные обозначения: min-max, медиана, 25–75 % квартили, пунктирная линия — средний уровень содержания ртути в листьях тополя урбанизированных территорий; номера по порядку: 1 — Новосибирск, 2 — Акташ, 3 — Шелехов, 4 — Яровое, 5 — Славгород, 6 — Краснокаменск, 7 — Комсомольск-на-Амуре, 8 — Барнаул, 9 — Северск, 10 — Владивосток, 11 — Красноярск, 12 — Омск, 13 — Чита, 14 —

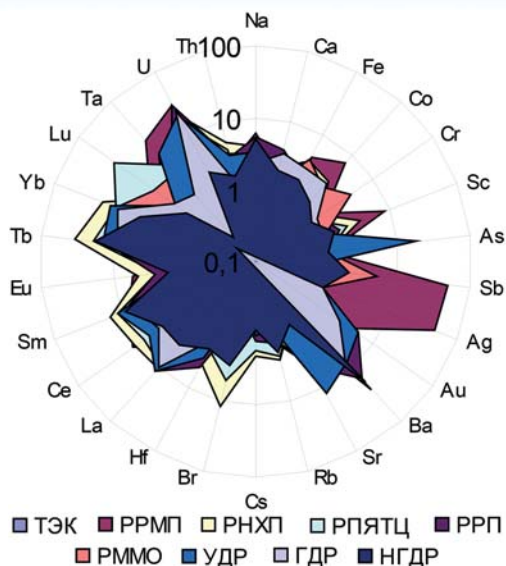


Рис. 3. Величины коэффициентов концентраций в твердом осадке снега промышленных районов юга Западной Сибири: НГДР — нефтегазодобывающий район; УДР — угледобывающий; ГДР — горнодобывающий; РММО — машиностроения и металлообработки; РРП — с разнопрофильным производством; РПЯТЦ — с предприятиями ядерно-топливного цикла; РНХП — с нефтехимическим производством; РРМП — с редкометалльным производством; ТЭК — теплоэнергетический комплекс

ные геохимические особенности городских агломераций Западной Сибири.

Выполненные нами в последние годы исследования по химическому составу биосубстратов, органов и тканей человека, а также зольного остатка организма человека [2, 3, 8, 9 и др.] позволяют утверждать, что химический состав человека отражает ландшафтно-геохимические и металлогенические особенности районов его проживания, а также факторы образа жизни, например, курение и особенности техногенеза природной среды на тех или иных урбанизированных территориях.

В.И. Вернадский в начале XX в. отмечал, что живой организм, в том числе человек, отражает состав среды его обитания. Однако при этом он сетовал на то, что количественная оценка содержания химических элементов в живом веществе, а тем более в человеке далеко неполная. Приводимый им оценочный уровень содержаний практически не отличается от современных оценок, что свидетельствует о том, что за последние 100 лет изменений в составе организма человека на уровне основных изученных элементов практически не произошло [2]. Это достаточно уравновешенная и устойчивая геохимическая система.

В то же время отражение среды обитания на химическом составе органов и тканей человека можно видеть при сравнительном анализе проб из районов прибрежно-морских ландшафтов (г. Анапа) и континентальных

таежных ландшафтов (г. Томск) [6]. В органах людей, проживающих в г. Анапа достаточно четко видно накопление брома (Br), церия (Ce), европия (Eu), тербия (Tb) и ртути (Hg) относительно органов людей, проживающих в г. Томск. Присутствие брома (Br), несомненно, отражает влияние моря и, возможно, лечебных илов.

Факторы образа жизни, влияющие на элементный состав организма, наиболее ярко можно увидеть при сравнительном анализе органов дыхательной системы курящего мужчины и некурящей женщины. Так, в легких курящего мужчины содержание практически всех изученных 65 элементов выше, чем в таковых у женщины. Аналогичная ситуация устанавливается и для бронхов, тогда как в трахее картина обратная практически по всем элементам [2, 9].

Весьма важным вопросом является причинно-следственные связи в возникновении микроэлементного дисбаланса и патологических изменений в организме человека. Так, наши работы показали, что патологически измененные органы и ткани отличаются специфичным накоплением химических элементов в зависимости от района проживания пациентов, что хорошо коррелирует с данными по заболеваниям щитовидной железы и саркоидозом [3, 4]. По нашим данным в Томской области существуют источники поступления элементов, найденных в повышенных концентрациях в лимфатических узлах пациентов с саркоидозом таких, как хром, железо, кобальт, сурьма, барий, торий, уран, редкоземельные элементы. Это предприятия Северного промышленного узла, многочисленные предприятия г. Томск, циркон-ильменитовое месторождение в Томском районе [10]. Обозначенные микроэлементы характерны для различных биосубстратов на территории исследуемого региона. Возможная патогенетическая роль некоторых вышеперечисленных элементов подтверждается выявленными нами взаимосвязями между некоторыми формами саркоидоза и содержанием таких элементов, как лютеций (Lu) и хром (Cr) в почвах региона, кальций (Ca) в питьевой воде на территории разных секторов Томской агломерации [4].

Влияние не только природного фактора, но и техногенного проявляется также при анализе взаимосвязи элементов крови населения и количества микроядерных эритроцитов (рис. 4). Для Томской области

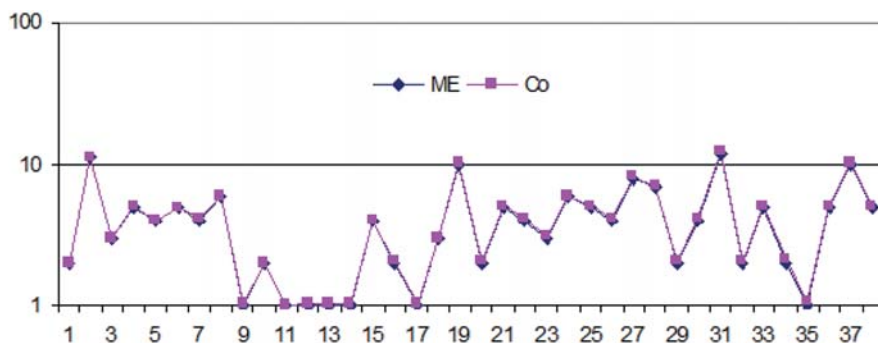


Рис. 4. Логарифмированные кривые изменения количества микроядерных эритроцитов (ME) и содержания Co, (мг/кг) в крови жителей юга Томской области. По оси абсцисс — номера проб

значимое положительное значение коэффициента корреляции микроядерных эритроцитов установлено с кобальтом и отрицательное — с селеном (38 проб). Избыточные количества кобальта установлены нами в волосах детей, проживающих в зоне влияния промышленных предприятий г. Томск и Северного промышленного узла, а также в крови населения некоторых, находящихся в преи-

Геохимические ряды относительно кларка ноосферы по Н.Ф. и М.А. Глазовским

Город	Геохимический ряд
Новосибирск	Au ₈₅₅₁ - P ₂₂₀ - Bi ₁₀₉ - Sb ₇₂ - Ag ₃₈ - Ca ₁₂ - Ba ₁₀ - Cr ₉ - Zn ₆ - Se _{3,2} - Fe _{1,7} - Mo _{1,4} - Ni _{1,3} - Na _{1,1}
Новокузнецк	P ₃₂₇ - Se ₄₂ - Sb ₂₂ - Zn ₂₀ - Au ₁₄ - Ca ₁₃ - Ag ₁₂ - Bi _{5,0} - Ba _{1,4} - Ni _{1,3} - Cr _{1,2} - Fe _{1,2} - Cu _{1,1}
Ростов-на-Дону	Au ₂₉₀ - P ₁₉₄ - Ag ₁₀₀ - Zn ₇₁ - Sb ₅₃ - Ca ₁₁ - Bi ₁₁ - Cr _{9,8} - Ba _{8,7} - Pb _{4,0} - Se _{3,2} - Fe _{1,5} - Na _{1,2}
Санкт-Петербург	P ₂₄₂ - Sb ₉₁ - Ag ₇₆ - Zn ₇₆ - Bi ₃₁ - Au ₂₅ - Ca ₁₃ - Ba _{8,4} - Cu _{6,6} - Cr _{5,8} - Ni _{4,0} - Mo _{3,6} - Fe _{1,9} - Na _{1,6} - Mn _{1,4} - W _{1,1} - Pb _{1,0} - K ₁
Екатеринбург	P ₁₇₀ - Au ₁₄₅ - Bi ₇₈ - Sb ₆₅ - Ag ₅₄ - Ba ₁₃ - Zn ₁₂ - Ca ₁₁ - Ni _{9,0} - Cr _{6,4} - Pb _{4,1} - Cd _{3,7} - Cu _{2,6} - Mo _{1,4} - Na _{1,4} - Sr _{1,1} - Br _{1,1} - K _{1,0}
Норильск	P ₃₁₈ - Au ₂₉ - Ca ₁₅ - Zn ₁₃ - Bi ₁₂ - Zr _{8,8} - Ni _{6,3} - Ag ₆ - Cu _{3,2} - Cd _{2,4} - Mo _{2,3} - Ba _{2,0} - Pb _{1,4} - Cr _{1,4} - Fe _{1,1}

мущественной розе ветров, населенных пунктах. Это может быть обусловлено поступлением изотопа Со⁶⁰ в районе Северного промышленного узла, что установлено по данным исследования пылеаэрозольных выпадений. Выявленная взаимосвязь между уровнем накопления некоторых химических элементов и количеством микроядерных эритроцитов позволяет предполагать наличие негативных последствий техногенного воздействия на здоровье населения.

Различия в химическом составе отмечаются не только на уровне биосубстратов, органов и тканей человека, но и в составе всего организма человека, в том числе оцененного по зольному остатку организма человека (ЗООЧ). Следует отметить, что полученная геохимическая информация по ЗООЧ может не отражать истинного химического состава организма человека, т.к. часть элементов, несомненно, была утеряна при

сжигании материала при температуре 1200–1400 °С и этот материал может быть использован только как сугубо оценочный для выявления геохимической специализации ЗООЧ, отражающий все факторы (природные и техногенные) формирования химического состава человека. Анализ этих данных показывает, что каждый из изученных городов России имеет ярко выраженную геохимическую специализацию (рис. 5, табл. 1).

Так, для Новосибирска приоритетным элементом, концентрирующимся в ЗООЧ, является золото (Au), тогда как в Новокузнецке таковым является Se. Для материала из Ростова-на-Дону характерными элементами являются тантал (Ta) и почти все редкие земли, а также торий. В ЗООЧ жителя Санкт-Петербурга фиксируется значительное количество максимально накапливаемых химических элементов: цинк (Zn), бром (Br), сурьма (Sb), серебро (Ag) и некоторые другие элементы. Необычным по составу является ЗООЧ из Норильска, на котором, прежде всего, сказываются факторы технологических процессов, используемых для производства платины и других металлов (футировочные смеси, состав тиглей и т.д.). Это предопределяет обнаружение циркония (Zr), редких земель, иттрия (Y), в том числе в виде таких минералов, как циркон и монацит, имеющих облик явно терригенного происхождения. Следует обратить особое внимание на бром (Br). Являясь галогеном, этот элемент должен обладать высокой летучестью при высоких температурах (более 1200 °С). И соответственно в ЗООЧ из Новосибирска и Ростова-на-Дону этого компонента нет. Но в ЗООЧ из Новокузнецка, Санкт-Петербурга и Екатеринбурга его присутствие уверенно обнаруживается. Можно предположить, что его количество было настолько высокое, что он в виде следовых количеств сохранился в этом материале. Бромная специализация ЗООЧ из Новокузнецка может быть обусловлена наличием угольных месторождений в пределах города, а в Санкт-Петербурге его источником могут оказаться питьевые воды, содержащие в некоторых районах и пригородах города повышенные концентрации Br (устные сообщения М. Лагуновой и сотрудников Научно-образовательного центра коллективного пользования высокотехнологичным оборудованием Санкт-Петербургского горно-

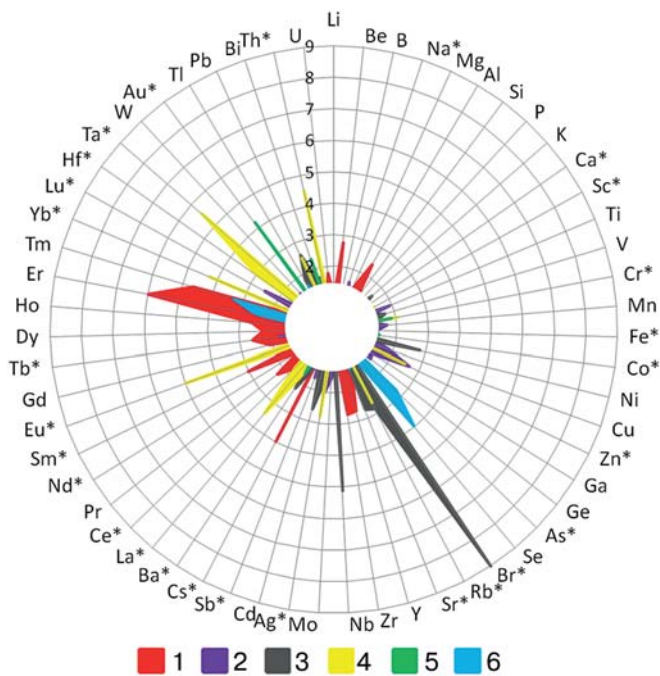


Рис. 5. Коэффициенты концентрации химических элементов в зольном остатке организма человека различных городов (относительно среднего содержания по всей выборке): 1 — Норильск; 2 — Санкт-Петербург; 3 — Екатеринбург; 4 — Ростов-на-Дону; 5 — Новосибирск; 6 — Новокузнецк

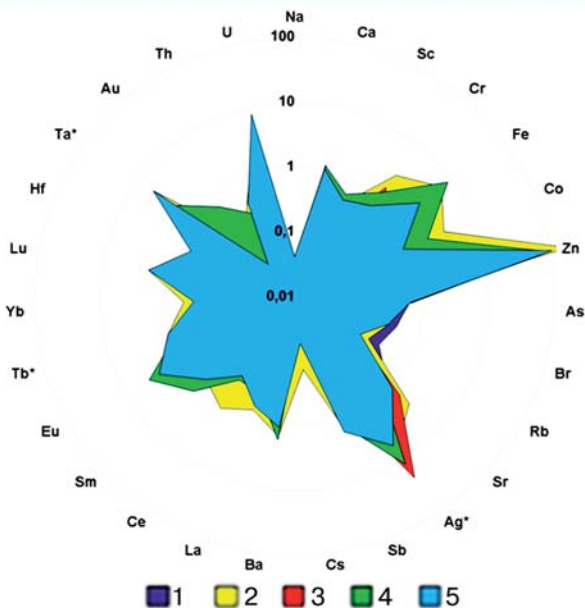


Рис. 6. Геохимическая специализация солевых отложений (накипи) питьевых вод различных регионов (относительно накипи из воды оз. Байкал): 1 — Республика Алтай; 2 — Байкальский регион; 3 — Республика Башкортостан; 4 — Томская область; 5 — Павлодарская область

го университета). Причина его появления в Екатеринбургe остается неустановленной.

Решение вопроса о поступлении элементов в организм человека без оценки качества используемой воды представляется невозможным. На наш взгляд, одним из индикаторов такового являются солевые образования (накипь) из посуды для кипячения [5, 11]. Обсуждению этой темы также было уделено место на конференции MedGeo-2017. На сегодняшний день нами изучено около 1500 проб этих образований из различных регионов России, характеризующихся своими геологическими, металлогеническими и другими особенностями. На рис. 6 показаны геохимические особенности накипи различных регионов России. Ее анализ показывает, что каждый из них имеет выраженные геохимические особенности. Так, солевые образования Павлодарской области Республики Казахстан характеризуются значительными накоплениями урана (U), тантала (Ta), лютетия (Lu), тогда как для Байкальского региона характерны более высокие концентрации цинка (Zn), кобальта (Co), хрома (Cr), а для Башкирии (по пробам И.М. Фархутдинова) — серебра (Ag). При этом устанавливается прямая корреляционная связь между содержанием урана в накипи и воде. В свою очередь содержание урана в накипи напрямую коррелирует с его накоплением в волосах детей (рис. 7). Следует отметить, что состав со-

левых отложений (накипи) из посуды достаточно отчетливо коррелирует с элементным составом крови детей (рис. 8), а элементный состав крови, как было показано на рис. 4, влияет на цитогенетические показатели крови человека. В тех случаях, когда по регионам собрана медицинская статистика за значительный период времени, как это сделано Ш.Ж. Арыновой в кандидатской диссертации по Павлодарской области Республики Казахстан, удается установить достаточно четкие взаимосвязи накопления некоторых элементов и заболеваемость населения.

Например, Иртышский район, накипь которого характеризуется максимально высокими концентрациями химических элементов, занимает лидирующие позиции по частоте встречаемости болезней системы кровообращения, пищеварительной, костно-мышечной систем и соединительной ткани, врожденных аномалий, деформаций, хромосомных нарушений. Большинство типов заболеваемости взрослого населения с вероятностью 95 % связаны с высокими содержаниями самария, европия, лютетия, иттербия в накипи.

При анализе причинно-следственных связей «*поступление избыточного количества химических элементов в компоненты природной среды — заболеваемость населения*» следует быть весьма осторожным, т.к. используемая медицинская статистика не всегда адекватно отражает реальную действительность. В этом плане более показательным использованием различного рода биомаркеров и об этом постоянно говорилось на

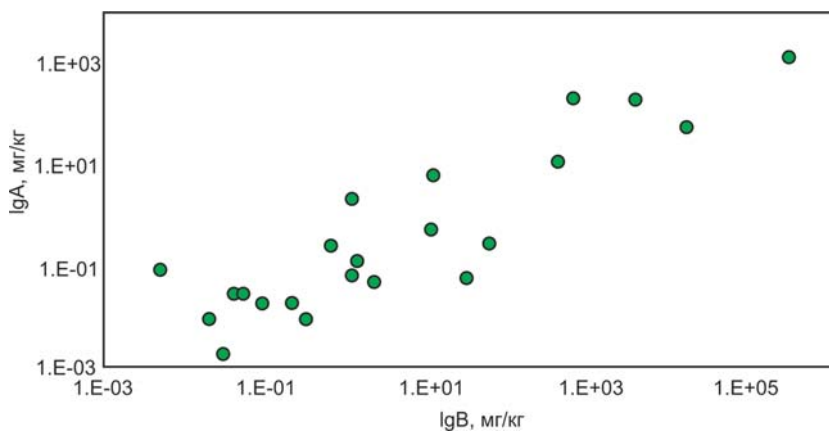


Рис. 7. Взаимосвязь содержания урана в волосах детей (А) и солевых отложениях (накипи) питьевых вод (В) на территории Павлодарской области (Казахстан)

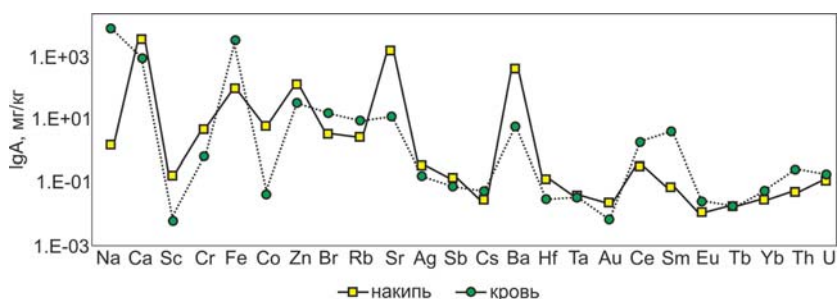


Рис. 8. Сравнительный анализ содержания химических элементов в солевых отложениях (накипи) питьевых вод и крови человека

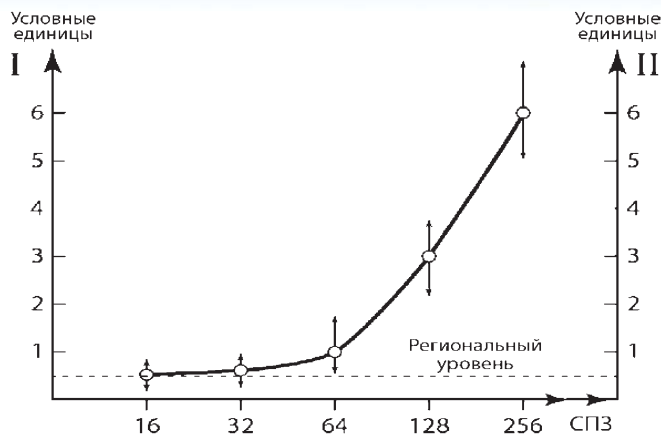


Рис. 9. Взаимосвязь уровня накопления химических элементов в компонентах природной среды (почва), через суммарный показатель загрязнения и количеством хромосомных aberrаций в лимфоцитах крови (I) (по данным Н.Н. Ильинских) и количеством онкомаркеров в периферической крови человека (II) по результатам ПЦР анализа (по данным Т.В. Соломатиной)

всех прошедших семи международных конференций по медицинской геологии.

В связи с этим нами на примере Томского региона сделана попытка проанализировать взаимосвязь суммарного показателя загрязнения природных сред и некоторыми объективно определенными показателями крови человека (рис. 9).

Заключение

Таким образом, проводимые нами исследования различных компонентов природных сред на различном уровне организации вещества свидетельствует о существенной геохимической неоднородности территорий проживания человека и о существовании зон высокого риска его заболеваемости как от природных геологических, так и техногенных факторов.

Живое вещество, в том числе биосубстраты, органы и ткани человека, а также весь его организм отражают геолого-геохимическую неоднородность земной коры, качество питьевых вод, атмосферы и пищевого рациона, а также особенности техногенеза, специфика которого проявляется в каждом отдельно взятом районе. Знания о точном количественном элементном составе человека с учетом региональных и других особенностей могут способствовать более эффективному проведению коррекции здоровья людей и животных и заблаговременной профилактике различных заболеваний в соответствии с концепциями Н.А. Агаджаняна, А.П. Авцына, А.А. Жаворонкова, М.А. Риша, А.В. Скального, А.А. Киста, В.Е. Зайчика и др. о «*медицинской элементологии*» или о «*микроэлементозах*», В.В. Ковальского, В.В. Ермакова, В.А. Ковды, Д.П. Малюги и др. о «*геохимической экологии*» и В.Л. Сусликова о «*геохимической экологии болезней*».

Химические элементы в организме человека должны стать обязательной геохимической основой для развития нового научного направления *медицинская геология*, имеющей, как отмечают И.Ф. Вольфсон, Е.Г. Фаррахов и др., важное социальное значение.

Получение объективной информации о возможном характере и интенсивности воздействия химических элементов на человека требует комплексного подхода к изучению компонентов природной среды и анализа причинно-следственных связей специалистами разных профилей подготовки: геологов, геохимиков, гидрогеологов, токсикологов, врачей различного профиля, социологов и др.

Авторы выражают благодарность следующим сотрудникам, принимавшим участие в подготовке этой статьи: Арыновой Ш.Ж., Денисовой О.А., Дериглазовой М.А., Жорняк Л.В., Злобиной А.Н., Наркович Д.В., Межибор А.М., Соктоеву Б.Р., Таловской А.В., Филимоненко Е.А., Шаховой Т.С., Юсупову Д.В.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арбузов, С.И. Геохимия редких элементов в углях Сибири / С.И. Арбузов, В.В. Ершов — Томск: Изд-во «Д-Принт», 2007. — 470 с.
2. Барановская, Н.В. Очерки геохимии человека / Н.В. Барановская, Л.П. Рихванов, Т.Н. Игнатова, Д.В. Наркович, О.А. Денисова — Томск: Изд-во ТПУ, 2015. — 378 с.
3. Денисова, О.А. Микроэлементы и патология щитовидной железы в Томской области / О.А. Денисова, Н.В. Барановская, Л.П. Рихванов, Г.Э. Черногорюк, Ю.И. Сухих — Томск, Изд-во STT, 2011. — 190 с.
4. Денисова, О.А. Роль геоэкологических факторов в формировании заболеваемости саркоидозом в Томске и Томской области / О.А. Денисова, Г.Э. Черногорюк, К.К. Егорова, Н.В. Барановская, Л.П. Рихванов, Г.М. Чернявская // *Здравоохранение Российской Федерации*. — 2016. — Т. 60. — № 3. — С. 147–151.
5. Рихванов, Л.П. Биогеохимический мониторинг в районах хвостохранилищ горнодобывающих предприятий с учетом микробиологических факторов трансформации минеральных компонентов / Л.П. Рихванов и др. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2017 — 436 с.
6. Рихванов, Л.П. Геохимия почв и здоровье детей города Томска / Л.П. Рихванов, С.Б. Нарзулаев, Л.В. Капилевич и др. — Томск: Изд-во ТГУ, 1993. — 142 с.
7. Рихванов, Л.П. Дендрорадиография как метод ретроспективной оценки радиозоологической ситуации / Л.П. Рихванов, Т.В. Архангельская, Ю.Л. Замятина — Томск: Изд-во «Дельтаплан», 2015. — 148 с.
8. Рихванов, Л.П. Минералого-геохимический состав зольного остатка организма человека г. Норильск как возможный индикатор элементного состава среды обитания / Л.П. Рихванов, М.А. Дериглазова, Н.В. Барановская // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. — 2017. — № 10 (Т. 328). — С. 67–81.
9. Рихванов, Л.П. Химический элементный состав органов и тканей человека и его экологическое значение / Л.П. Рихванов, Н.В. Барановская, Т.Н. Игнатова, А.Ф. Судыко, Г.П. Сандимириова, Н.Н. Пахомова // *Геохимия*. — 2011. — № 7. — Вып. 49. — С. 779–784.
10. Рихванов, Л.П. Эколого-геохимические особенности природных сред Томского района и заболеваемость населения / Л.П. Рихванов, Е.Г. Язиков, Ю.И. Сухих, Н.В. Барановская — Томск: Изд-во Серковой Т.И., 2006. — 213 с.
11. Соктоев, Б.Р. Солевые образования питьевых вод как индикаторная среда в эколого-геохимических и металлогенетических исследованиях / Б.Р. Соктоев, Л.П. Рихванов, Ш.Ж. Усенова (Арынова), Т.А. Монголина, Н.В. Барановская // *Вестник Иркутского государственного технического университета*. — Иркутск: ИГТУ, 2014. — № 1(84). — С. 40–44.
12. Юсупов, Д.В. Геохимические особенности элементного состава листьев тополя урбанизированных территорий / Д.В. Юсупов, Л.П. Рихванов, Н.В. Барановская, А.Р. Ялалтдинова // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. — 2016. — Т. 327. — № 6. — С. 25–36.
13. Язиков, Е.Г. Оценка эколого-геохимического состояния территории г. Томск по данным изучения пылеаэрозолей и почв / Е.Г. Язиков, А.В. Таловская, Л.В. Жорняк — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — 264 с.

© Коллектив авторов, 2018

Рихванов Леонид Петрович // rikhvanov@tpu.ru
 Арбузов Сергей Иванович // siarbuzov@mail.com
 Барановская Наталья Ивановна // nata@tpu.ru
 Язиков Егор Григорьевич // yazkoveg@tpu.ru