

УДК 502.51(571.16)

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОХРАНА РАДОНОВЫХ ИСТОЧНИКОВ В ОКРЕСТНОСТЯХ Г. ТОМСКА

Семенова Наталья Михайловна¹,
nmsemnv@mail.tomsknet.ru

Назаров Александр Дмитриевич²,
nazarov@tpu.ru

Сидорина Наталья Геннадьевна³,
resurs@niikf.tomsk.ru

Тишин Платон Алексеевич¹,
tishin_pa@mail.ru

¹ Национальный исследовательский Томский государственный университет,
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36.

² Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30.

³ Томский НИИ курортологии и физиотерапии,
Россия, 634050, г. Томск, ул. Р. Люксембург, 7.

Несмотря на длительную историю исследований, состав и качество воды радоновых источников г. Томска и его ближайших окрестностей до конца не изучены. Наиболее высокие уровни присутствия радона отмечаются в подземных водах юго-восточной части Томска в бассейне р. Ушайки в окрестностях пос. Заварзино. Бальнеологические свойства воды выходящих здесь родников практически не изучались. Радоновые источники на территории Томска издавна использовались для водоснабжения. В местах их расположения в пригородной зоне они по-прежнему используются и оберегаются населением как источники чистой питьевой воды. В связи с интенсивным освоением пригородных территорий радоновые источники вместе с их природным окружением имеют ключевое значение для формирования экологического каркаса и выделения зон особой охраны. Они являются неотъемлемой частью природного наследия Томского региона и подлежат охране в зависимости от условий расположения, состава и качества воды.

Цель работы: анализ традиций и приоритетов исследования и использования радоновых источников в Томском регионе; комплексная геоэкологическая оценка наиболее перспективных для установления особой охраны радоновых источников в ближнем пригороде г. Томска.

Методы исследования: работа с литературными и нормативными правовыми источниками, определяющими современный статус радоновых источников как объектов традиционного природопользования и охраны природы; картирование размещения родников в полевых условиях; опробование родников; физико-химические и радиологические исследования родниковых вод.

Результаты. Представлены результаты сравнительного анализа воды популярных среди населения источников г. Томска. Детально изучен родник Чистый ключ ($222\text{Rn}=39,5 \text{ Бк/дм}^3$) на правом берегу р. Ушайки у пос. Заварзино. По результатам анализа воды и состояния прилегающей территории родник определен как ценный в эколого-хозяйственном отношении объект, для защиты которого необходимо создание особо охраняемой природной территории областного значения.

Ключевые слова:

Родники, памятники природы, радоновые воды, природные минеральные воды, Томская область.

Введение

В основе современных исследований радонсодержащих родниковых вод лежат две очевидные и принципиально противоположные мотивировки. С одной стороны, учитывая опасность радона для здоровья человека, речь идет о санитарно-гигиеническом и радиологическом контроле питьевых вод. Подобные исследования проводятся в разных регионах и странах независимо от уровня экономического развития и социальной обстановки [1–7]. Контроль содержания радона-222 в природных источниках представляет важную составную часть экологических исследований в Российской Федерации, в том числе в границах крупных городских поселений [8–11]. Положительным результатом

систематических или выборочных испытаний проб родниковой воды являются минимальные уровни вмешательства для радона, удовлетворяющие требованиям нормативной документации в области экологической и радиационной безопасности [1–11].

С другой стороны, радоновые воды являются общепризнанным лечебным ресурсом. В этом случае исследовательский интерес представляет достаточно высокое содержание радона в природных источниках [12–14], что позволяет их использовать в бальнеологических целях, как, например, на Алтае [15–16], в Хакасии [17] или других географических регионах [18], располагающих данным видом природных лечебных ресурсов. Эманыции радона

являются также эффективным инструментом экологического мониторинга и прогноза и используются в разных сферах геоэкологических исследований, выступая, например, в качестве предвестника тектонической активности [19], фактора, определяющего условия жизнедеятельности населения в геотермальных зонах [20], индикатора природных источников радиоактивности [21–22].

Отдельные исследовательские мотивировки опираются на традиционные представления о ценности радоновых источников, веками складывающиеся в народе и передающиеся из поколения в поколение. Речь идет о целебных источниках, культурных местах [23–27], объектах традиционного водопользования в зонах постоянного или сезонного пребывания человека, качество воды в которых не всегда соответствует санитарным нормам [8, 28–29]. Соответственно, возникает проблема обеспечения надлежащего санитарного состояния целебных и питьевых источников, их рационального использования, а в ряде случаев – организации специальной охраны [25, 30–33].

Материалы и методы исследований

Исходными материалами для выполнения настоящей работы послужили опубликованные и фондовые источники, а также оригинальные данные, полученные в результате полевых исследований и лабораторных испытаний проб воды. Основные полевые исследования проводились в 2014 г. в рамках выполнения программы комплексного экологического обследования памятников природы Томской области [34]. Отбор проб воды на химический анализ и определение удельной активности радона производились в первой декаде сентября при температуре воздуха +18 °С.

Физико-химический и микробиологический анализ воды выполнялся на базе Испытательной лаборатории природных лечебных ресурсов Томского научно-исследовательского института курортологии и физиотерапии. Испытания проведены на соответствие ГОСТ Р 54316–2011 «Воды минеральные природные питьевые», СанПиН 2.1.4.1074 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды», СанПиН 2.3.2.1078 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» с использованием титриметрических, гравиметрических, электрохимических методов и следующего аналитического оборудования: весы аналитические ВЛР-200, рН-метр, иономер HANNA, вольтамперометрический анализатор СТА-1.

Содержание металлов в воде определялось в лаборатории Центра коллективного пользования «Аналитический центр геохимии природных систем» Томского государственного университета методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (прибор Agilent 7500 сх, аналитики Е.В. Рабцевич, Е.И. Никитина) по методике НСАМ-ХМ № 480 – Х [35].

Определение содержания радона-222 производилось в аккредитованном Испытательном лабораторном центре ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Томской области» по методике измерения активности радионуклидов с использованием сцинтилляционного гамма-спектрометра с программным обеспечением «Прогресс» на установке спектрометрической МКС-01 А «Мультирад».

Действующий природоохранный статус обследованных родников определен на основе анализа официальной правоустанавливающей документации. При этом использовались как индивидуальные нормативные правовые источники, так и типовые реестры областного и муниципального уровня.

Радоновые источники являются составной частью природоохранного кластера Томского региона и нуждаются в специальной охране

Источники чистой пресной воды, издавна используемые населением в питьевых целях, являются традиционными объектами региональной системы памятников природы в Западной Сибири. К числу наиболее значимых критериев для отнесения тех или иных источников к категории памятников природы относятся бальнеологические свойства воды [36].

Охрана родников на территории г. Томска и в его ближайших окрестностях имеет свою историю, связанную с традиционным использованием и исследованием в научно-практических целях слабоминерализованных источников с содержанием радона. Эти исследования были начаты в 1904 г. профессором медицинского факультета Томского императорского университета П.П. Орловым [37] и в последующем проводились в контексте оценки бальнеологических свойств природных вод [38]. Как объекты территориальной охраны природы родники Томска и его окрестностей стали рассматриваться в 60-е годы XX столетия. В частности, общий перечень особо ценных природных объектов, подлежащих охране на территории Томской области, утвержденный решением Томского облисполкома от 28 сентября 1962 г. № 344, включал: родник Дальний ключ в историческом районе Томска «Черемошники»; три источника, расположенных в разных секторах ближнего пригорода (Звездный ключ, источник «Капитоновка», минеральный родник у 81 км ж/д Тайга-Асино в комплексе с обнажением горных пород и озерами); минеральные источники в окрестностях пос. Заварзино [39]. Количество последних ни в прошлом, ни в настоящее время не определялось. Геоэкологические исследования заварзинских родников, как ценных природоохранных объектов, не выполнялись. Статус памятника природы по решению Томского облисполкома от 14.02.75 г. № 31 получил один минеральный источник. И это при том, что район пос. Заварзино является наиболее интересным с точки зрения проявления радоновых вод [38, 40–41].

В последние десятилетия данная территория интенсивно развивается как рекреационно-дачная зона. Здесь расположено много летних оздоровительных лагерей для школьников, ведется строительство современных коттеджных поселков, широко практикуется самостоятельная рекреация с информационно-познавательными и собирательскими целями. И местное население, и гости из Томска пользуются родниковыми водами для питьевых нужд. При этом состояние самих родников вызывает опасение как с точки зрения качества воды, так и с точки зрения их прямой утраты вследствие техногенных нарушений вмещающего ландшафта.

Поэтому выявление и изучение природных источников в окрестностях пос. Заварзино в г. Томске является актуальным и в научном, и в практическом отношении. Только на основе современных данных о состоянии заварзинских источников можно говорить об их охране и рациональном использовании, даже если не в сугубо бальнеологических целях, что вряд ли возможно в современной ландшафтно-геохимической обстановке, то по крайней мере в качестве объектов локального питьевого водоснабжения и рекреационного природопользования.

Цели исследования радоновых источников в Томском регионе определяются актуальными задачами науки и практики

Исследования радиоактивности сибирских вод начались более 100 лет назад и связаны в деятельности профессора Томского императорского университета П.П. Орлова, его учеников и последователей. История научных исследований радоновых источников в Томске и его окрестностях неразрывно связана с изучением природно-ресурсного потенциала Сибири в интересах социально-экономического развития региона.

Первоначально они проводились в интересах практической медицины и в целях развития в Сибири разных направлений физиотерапии и курортологии. При этом большое внимание уделялось так называемым известковым источникам, поскольку весьма популярным в то время видом физиолечения была кальциотерапия. Вот что писала по этому поводу М.П. Орлова – дочь и ученица профессора П.П. Орлова: «...кальциотерапия является одним из важнейших лечебных средств при заболеваниях мочевых путей, катаральных процессах в дыхательных путях и пищеварительных органах, при рахите и других болезнях. Известковые источники применяются также в виде ванны, благодаря их вяжущим свойствам, при многих кожных заболеваниях, экземе, чешуйчатом лишае и при различных язвах на коже. Катионам кальция приписывают каталитическое значение в жизненных процессах человеческого организма» [38, с. 353].

Особый интерес у томских ученых имел факт обнаружения радиоактивности известковых ис-

точников, обусловленной присутствием радона-222. Это способствовало их участию в научной дискуссии о лечебном уровне содержания радона в воде и оценке перспектив использования радиоактивных свойств сибирских источников. При этом отмечены следующие важные положения: наличие радиоактивности делает применение воды прямо из источника более целесообразным; вследствие специфического влияния радиоактивных веществ на ферментативные и каталитические процессы в организме нельзя исключать их физиологическое значение при небольшом содержании; слаборадиоактивные вещества также не являются безразличными для человека [38]. В целом повышенная активность природных вод Томска и его окрестностей (табл. 1) благоприятствовала исследованиям их бальнеологических свойств.

Наибольшей активностью обладал небольшой ключ у пос. Заварзино, найденный в 1911 г. профессором П.П. Орловым и впоследствии названный его именем по предложению профессора М.Г. Курлова (профессор медицинского факультета Томского императорского университета, один из инициаторов учреждения и открытия в Томске бальнеофизиотерапевтического института, ныне НИИ курортологии и физиотерапии), сделанному на заседании Общества естествоиспытателей и врачей в г. Томске. Радиоактивность этого ключа превышала приводимые П.П. Орловым [42] после поездки на Алтай данные (230 Бк/дм³) о радиоактивности Белокурихинских терм. Именно этот ключ представлял интерес в бальнеологическом отношении и специально обследовался М.П. Орловой летом 1924 г. по предложению профессора М.Г. Курлова и по поручению директора Томского физиотерапевтического института, доктора Я.З. Штамова. Но, к сожалению, после ввода в эксплуатацию водозабора томского Академгородка ключ высох, так как попал в зону действия депрессионной воронки водозабора [41, 43].

Тем не менее сохранившиеся описания этого ключа и данные о составе его воды представляют несомненный интерес в связи с кардинальным изменением природно-хозяйственной обстановки в окрестностях пос. Заварзино (г. Томск), несмотря на различия инструментально-методического обеспечения химико-аналитических работ сегодня и почти сто лет назад. Определение радиоактивных газов с помощью использовавшихся в то время электрометров-эманометров специалисты [41] считают технически исполнимым и достаточно достоверным.

По описаниям М.П. Орловой [38], рассматриваемый ключ находится недалеко от берега р. Ушайки, в полуверсте от пос. Заварзино. «Он представляет собой небольшой водоем около 1 кв. аршина в виде круглой «чашки» глубиной около ½ аршина, на дне которого виден выход ключа дебитом 32 000 литров в сутки. Определение дебита, конечно, приблизительное, так как ис-

Таблица 1. Сведения о некоторых родниках старого Томска [38]

Table 1. Information on some of the springs of the old Tomsk [38]

Название водных объектов Name of water body	Радиоактивность, Бк/дм ³ Radioactivity, Bq/dm ³	Современное состояние и использование Current status and use
Родник Дальний ключ Spring Dalniy Kluch	17–19	Практически с момента основания Томска использовался для водоснабжения местного населения. Решением Томского облисполкома от 14.02.75 № 31 объявлен памятником природы областного значения. В 2011 г. лишен статуса памятника природы по причине захламления прилегающей территории и ухудшения качества воды. It has been used as a source of water by the population of Tomsk since its foundation. By the decision of the Tomsk regional executive committee № 31 of February 14, 1975 it was declared a natural monument of regional significance. In 2011 it was deprived of the status of natural monument of regional significance due to littered territory and deteriorated water quality
Сборный университетский колодец University drain spring well	15	Не используются. Территория плотно застроена и давно переведена на централизованное водоснабжение. Not active. Area is densely developed. Centralized water supply is available
Колодец на Ярлыковской улице (ул. Карташова) Yarlykovskaya Street spring well (Kartashova Street today)	7	
Колодец за Истоком Spring well behind Istok river	10	
Ключ на берегу Ушайки (за Каменным мостом) Spring on the bank of the Ushayka river (behind the Kamenniy Most)	14	Воскресенский ключ. Находится в составе особо охраняемой природной территории «Сквер "Юность"» муниципального образования «Город Томск» Voskresenskiy spring. It is a part of specially protected natural area «Skver Yunost» of Tomsk city
Ключ у пос. Заварзино Spring near Zavarzino village	273–429	Орловский ключ. Иссяк в связи с техногенным нарушением естественных гидрогеологических условий. Orlovskiy spring. It dried up due to man-caused impact and disruption of natural hydrogeological conditions
Источник «Чаши» Spring «Chashi»	58	Таловские известковые чаши. Памятник природы Томской области с 1975 г. Популярный объект научно-познавательного туризма. Нуждается в физической охране и регулировании посещения на основе проекта рекреационного обустройства и ландшафтной организации. Talovskie lime Chashi (cup-shaped structure). It is the natural monument of Tomsk region since 1975. It is the famous tourist attraction. It requires protection and tourist management program based on recreational and landscape development project

точник растекается и заболачивает окружающую площадь, и определение производилось запруживанием его пути и наполнением небольшого ведерка через желоб. Вблизи источника местами видно отложение плотного известкового туфа» [38, с. 361]. Ключ зимой не замерзает. Температура воды, в зависимости от времени измерения, от +2 до +5,5 °С. Активирующим началом здесь является главным образом эманация радия с небольшой примесью эманации тория [38].

В сравнении результатов анализа воды ключа с современными данными по химическому составу родниковых вод в районе пос. Заварзино (табл. 2) принципиальное значение имеет более высокое содержание кальция, однако не предельное для углекислых источников Томска (до 120 мг/дм³ по р. Бордянке, до 140 мг/дм³ на Та-

ловских чашах), отлагающих травертины. Кроме того, в них отмечено более высокое содержание железа и алюминия.

В составе катионов обращает внимание высокое содержание гидрокарбонат-иона. Напротив, несколько повышенные содержания сульфатов и хлоридов в современных пробах, скорее всего, обусловлены техногенным воздействием.

Следует отметить, что М.П. Орловой в 1924 г. зафиксированы значительно более высокие показатели радиоактивности воды Орловского ключа (409–429 Бк/дм³ – табл. 2) по сравнению с данными, полученными ранее профессором П.П. Орловым (273 Бк/дм³ – табл. 1). Это можно связывать как с большей точностью проведенных измерений, так и с известной нестабильностью радоновых эманаций во времени.

Содержание радона в опробованном нами источнике ($39,5 \text{ Бк/дм}^3$) значительно ниже, чем определялось при исследовании Орловского ключа [38], но все же несколько превышает имеющиеся данные [41] о его содержании ($2\text{--}25 \text{ Бк/дм}^3$) в родниковых водах г. Томска.

Данный ключ, очевидно, был уникальным в отношении удельной активности радона-222, однако далеко не единственным. Так, М.П. Орлова [38] писала, что по р. Ушайке отмечались и менее радиоактивные ключи с содержанием радона от 3 до 87 Бк/дм^3 , а также совершенно неактивные, хотя и с низкой температурой.

Большое внимание термическому режиму ключей, а также попытки увязать присутствие радона с повышенным содержанием карбонатов в воде были связаны с объяснением происхождения этих ключей. Основываясь на имеющихся данных о геологическом строении региона, М.П. Орлова [38] отмечала, что они приурочены

к линии выхода диабазов, прорезающих глинистые сланцы по обоим берегам р. Ушайки, и выходят на поверхность из глубинных слоев по трещинам дислокаций, что соответствует одной из современных гипотез [22] транспорта радона. В этой связи радоновые источники в окрестностях Томска рассматривались как индикаторы состояния и богатств земных недр, позволяющие обнаружить присутствие разных химических элементов, в том числе «скопления радиоактивных материалов» [38, с. 364].

Минеральные радоновые воды долины р. Ушайки разведывались в середине прошлого столетия [44]. При этом было отмечено, что радиоактивные источники, выходящие по р. Ушайке, приурочены к тектоническим зонам северо-западного простирания и прослеживаются от пос. Заварзино до пос. Мирный. Водоносный горизонт сложен песчаниками и глинистыми сланцами басандайской свиты (рис. 1). Воды холодные (от $+5$ до $+6^\circ\text{C}$), гидрокар-



Рис. 1. Особенности геологического строения района исследований [45]

Fig. 1. Specific characteristics of geological structure of study area [45]

Таблица 2. Анализ проб воды из родников в окрестностях пос. Заварзино

Table 2. Analysis of water samples from springs in the neighbor of Zavarzino village

Показатель Feature	Орловский ключ*		Чистый ключ**	
	Orlovskiy spring		Chistiy (clean) spring	
	Содержание/Content		Содержание/Content	
	мг/л (mg/l)		мг-экв./л (mg-eq/l)	
Радиоактивность, Бк/дм ³ Radioactivity, Bq/dm ³	409–429	–	35,9	–
Сухой остаток Dry residue	325,1	–	216,5	–
K ⁺	–	–	0,73	1,04
Na ⁺	3,9	0,171	6,49	–
Mg ⁺⁺	10,1	0,828	12,8	1,08
Ca ⁺⁺	106,2	5,301	77,3	3,6
Fe ⁺	0,13	0,005	0,03	–
HCO ₃ [–]	426,9	6,998	305,0	5,0
SO ₄ ^{2–}	13,7	0,285	19,4	0,4
Cl [–]	0,4	0,011	4,3	0,12
H ₂ SiO ₃	21,9	–	20,1	–
CO ₂	76,9	–	–	–

Примечание: * – данные 1924 г. [38]; ** – данные 2014–2015 гг.

Note: * – investigated in 1924 [38]; ** – investigated in 2014–2015.

бонатно-кальциевые, пресные с минерализацией 0,36–0,77 г/дм³, радоно-радиевые средней и слабой активности. Наиболее высокое содержание радона составляет 65–130 эман [44]. При подготовке второго издания Государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1:200 000 листа О-45-XXXII трещинно-карстовые подземные воды с содержанием радона по р. Ушайке учтены как Заварзинское проявление радоновых вод [45].

Современный неистощаемый интерес к их изучению радоновых источников у томских ученых связан, скорее, с традиционными учебно-методическими целями [46–47] или мониторинговыми наблюдениями [48–49]. Тем не менее имеющиеся данные о химическом составе воды радоновых и травертиновых ключей Томска нельзя считать исчерпывающими.

В настоящее время в связи с сильным изменением территории по р. Ушайке в окрестностях пос. Заварзино названия и локализация ключей определяются с учетом современной природно-хозяйственной обстановки и ее определенных особенностей (рис. 2). Лишь один родник (Орловский ключ) мы можем соотнести по названию и описанию с родниками, инвентаризация и изучение которых проводились здесь почти 100 лет назад.

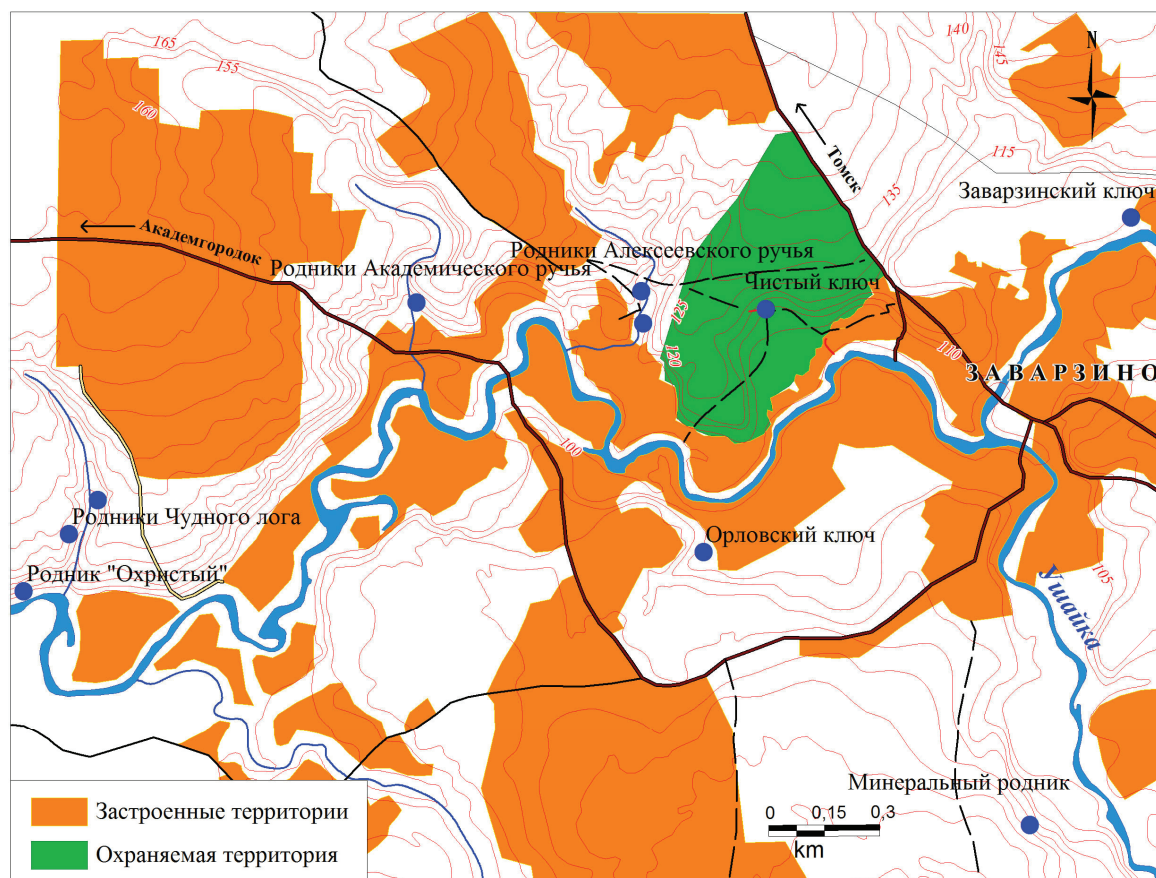


Рис. 2. Схема размещения родников в долине р. Ушайки

Fig. 2. Layout chart of spring wells in the valley of the Ushayka river

Охрана радоновых источников в Томском регионе обусловлена их экологической и хозяйственной ценностью

Радоновые родники на территории Томска являются традиционными объектами локального водоснабжения. В пригородной зоне они интенсивно посещаются и используются населением по его усмотрению, иногда оберегаются как источники чистой воды, качество которой принимается априори.

Примером такого источника в районе пос. Заварзино является родник Чистый ключ. По сравнению с другими имеющимися здесь источниками он располагается в наиболее хорошей транспортной доступности со стороны Томска и микрорайонов Академгородка, активно используется населением и подлежит защите в связи с застройкой прилегающих земель выше и ниже от него по рельефу.

Источник приурочен к правобережному участку долины р. Ушайки, имеющему вид амфитеатра с пологими склонами, и находится в окружении смешанного, преимущественно темнохвойного, леса. Присутствие радона (табл. 2) позволяет отнести его к объектам природного наследия, находящимся в сфере давних интересов томских ученых. Использование воды из родника в питьевых целях населением определяет необходимость ее оценки в отношении санитарно-гигиенического состояния и наличия каких-либо полезных свойств. И в отношении оценки уровня удельной активности радона, и в отношении состава и качества воды в роднике, кроме учета гигиенических норм и требований, интерес представляют результаты исследований других родников, находящихся в непосредственной близости от него, а также уже упоминавшихся нами, достаточно хорошо изученных родников Томска [48–49], большей частью обладающих как-либо природоохранным статусом.

Сравнительный анализ (табл. 3) показывает, что вода Чистого ключа, как и других родников в окрестностях Томска, соответствует нормативам качества воды водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования, но имеет свои особенности. В отличие от других ключей в воде данного ключа больше ионов хлора, но значительно меньше кремния и цинка. В отличие от Таловских чаш, широко известных своими травянистыми постройками, в воде Чистого ключа обнаружены минимальные содержания ионов брома, марганца, никеля, кобальта, а также менее значительные содержания кальция и магния.

Следует отметить, что в воде Воскресенского ключа, находящегося в центре Томска, отмечается несколько повышенное, по сравнению с пригородными ключами, содержание макрокомпонентов, а также превышение допустимого содержания нитратов в 3,5 раза [48–49]. Нашими данными по Воскресенскому ключу это не всегда подтверждается. Однако далее заметим, что более высокое содержание нитратов в воде Звездного ключа, по

Таблица 3. Химический состав родниковых вод

Table 3. Chemical composition of spring waters

Показатель Feature	Ед. измер. Units	Таловские чаши Talovskiyе chashi	Звездный ключ Zvezdny spring	Воскресенский ключ Voskresensky spring	Академический ключ Akademicheskyy spring	Чистый ключ* Chisty (Clean) spring
		[48, 49]				
Т	°С	5,5	6,5	6,4	12,1	6
рН		7,29	7,46	6,91	7,82	7,76
Сухой ост. Dry res.	мг/л mg/l	–	–	–	–	216,5
Минерализац. Mineralization	мг/л mg/l	–	–	–	–	493,04
Перм. окисл. Permang. oxid.	мг О ₂ /л mg О ₂ /l	–	–	–	–	<0,001
F ⁻	мг/л mg/l	0,26	0,26	0,13	0,23	0,19
Cl ⁻		0,66	2,59	70,0	1,29	4,3
Br ⁻		0,32	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,05
J ⁻		–	–	–	–	<0,02
NO ₂ ⁻		< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,005
NO ₃ ⁻		< 0,05	5,76	160,0	< 0,05	2,1
PO ₄ ³⁻		< 0,2	< 0,2	< 0,2	< 0,2	–
SO ₄ ²⁻		10,5	2,96	91,8	2,81	19,4
HCO ₃ ⁻		–	–	–	–	305,0
CO ₃ ²⁻		–	–	–	–	12,0
NH ₄ ⁺		–	–	–	–	0,10
K		0,53	0,67	11,4	1,49	0,72
Na		15,2	6,16	75,6	7,06	6,49
Mg		26,2	11,5	32,5	10,0	12,4–13,2
Ca		134	89,4	210	84,7	72,0–82,5
Fe		0,0026	<0,002	<0,002	0,228	0,029
Si		10,0	6,91	7,90	5,07	0,17
B		0,069	0,026	0,072	0,034	0,032
Al		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,009
Ti		0,0015	0,0011	0,0020	0,0013	–
Mn		2,62	<0,001	0,0058	0,136	0,002
Cu		<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,001
Se		–	–	–	–	<0,001
Zn		0,0185	0,0161	0,0210	0,0163	0,0039
Pb		<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,001
Ni		0,0107	0,0066	0,0089	0,0060	0,0040
Co		0,0032	<0,001	<0,001	<0,001	0,00045
V		<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,00049
Mo		<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,00028
Cd		<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,000003
Hg		–	–	–	–	<0,001
Cr		<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,00068
Ag		<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,00001
Be		<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,000001
Li		0,0122	<0,005	0,0124	0,0056	0,0057
Sb		<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	0,00013

Примечание: * – исследования 2014–2015 гг.

Note: * – investigated in 2014–2015.

сравнению с другими пригородными родниками, является своеобразным индикатором «результативности» проведенного здесь благоустройства, обеспечившего свободный доступ к зоне выхода ключа и формирования стекающего вниз по склону ручья.

Основными анионами, определяющими состав воды Чистого ключа, являются гидрокарбонат-ионы, присутствующие в концентрации 317,0 мг/дм³. Катионный состав воды, как и других ключей, определяют ионы кальция. Минерализация воды около 0,5 г/дм³. Реакция водной среды (рН) 7,76. Таким образом, по минерализации и ионно-солевому составу вода источника является пресной гидрокарбонатной кальциевой со слабощелочной реакцией водной среды. В этой связи, в соответствии с критериями оценки минеральных вод, установленными ГОСТ Р 54316–2011 «Воды минеральные природные питьевые», она может рассматриваться как природная минеральная питьевая столовая.

Токсичные азотсодержащие компоненты (нитраты, нитриты), кремний, фтор и микрокомпоненты (свинец, кадмий, ртуть и др.) в воде родника Чистый ключ, а также показатель перманганатной окисляемости находятся в допустимых пределах, в соответствии с ГОСТ Р 54316–2011 «Воды минеральные природные питьевые» и СанПиН 2.1.4.1074 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды», для питьевых минеральных вод. По данным санитарно-микробиологических и радиологических (радон) исследований, вода родника Чистый ключ соответствует нормам СанПиН 2.1.4.1074 по всем показателям. При этом уровень содержания радона (35,9 Бк/дм³) значительно ниже бальнеологически значимой нормы для минеральных радоновых вод наружного использования (185 Бк/дм³).

Таким образом, родник Чистый ключ на правом берегу р. Ушайки у пос. Заварзино по составу и качеству воды может быть использован населением в питьевых целях. Исследования удельной активности радона-222 в воде этого родника и других родников данного района Томска должны быть продолжены, поскольку здесь могут отмечаться более высокие уровни содержания радона в подземных водах, хотя они и нестабильны в течение года.

В настоящее время в разных регионах и странах придается особое значение охране и рациональному использованию водных ресурсов и отдельных водных объектов. Особенно это касается урбанизированных территорий с высокой концентрацией населения. Если еще в 80-е гг. в европейских странах уделялось мало внимания охране водных экосистем в городах [50], то сегодня даже в крупных столицах имеются успешные примеры [51] сохранения ценных водно-болотных угодий.

В Томске и его окрестностях родники и родни-

ковые зоны являются неотъемлемой частью ландшафтного пространства. Они определяют его колорит и функциональные возможности. Однако возможность сохранения как отдельных родников, так и целых родниковых зон, напротив, напрямую зависит от сохранности вмещающего их ландшафта [52]. Лишь в случае выделения достаточной охранной зоны можно говорить об эффективной охране водных источников [33]. В этой связи охране в месте выхода родника Чистый ключ подлежит цельный фрагмент склона долины р. Ушайки. Контур целесообразных границ охраняемой территории, ядром которой рассматривается данный родник, хорошо отбивается естественными ландшафтными рубежами и линиями транспортных коммуникаций (рис. 2). Выделенный таким образом участок (общая площадь 28,3 га) обладает экосистемной целостностью и кроме собственно родника включает достаточно крупный фрагмент долинных темнохвойных лесов, не менее ценных по причине их постепенного уничтожения в процессе длительного освоения и застройки пригородных земель.

Заключение

На основании проведенного исследования установлено:

- 1) интерес к изучению радоновых источников в Томске и его окрестностях устойчиво сохраняется на протяжении многих десятилетий, однако исходные мотивировки проводимых исследований меняются со временем;
- 2) необходимость исследований в области организации особой охраны и мониторинга радоновых источников определяется традиционным использованием их воды для нужд населения;
- 3) актуальность создания специализированных особо охраняемых природных территорий в местах выхода родников по р. Ушайке у пос. Заварзино определяется высокой хозяйственной освоенностью этой территории, ее особой популярностью как зоны рекреационно-дачного природопользования, а также существующими традициями использования родниковой воды в питьевых целях;
- 4) вопросы охраны и рационального использования конкретных источников данного района должны решаться в зависимости от условий их расположения, состава и качества воды.

Обосновывающая документация по планированию зоны территориальной охраны площадью 28,3 га на базе родника Чистый ключ в пос. Заварзино представлена в администрацию Томской области.

Исследования проводились при частичной финансовой поддержке администрации Томской области в рамках выполнения научно-исследовательских работ по теме «Комплексное экологическое обследование особо охраняемых природных территорий Томской области в 2014 году».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Radon measurements in well and spring water in Lebanon / M. Abdallah Samer, R. Habib Rima, Y. Nuwayhid Rida, M. Chatila, G. Katul // *Radiation Measurements*. – 2007. – V. 42. – Iss. 2. – P. 298–303.
2. Ahmad N., Jaafar Mohamad S., Alsaffar Mohammed S. Study of radon concentration and toxic elements in drinking and irrigated water and its implications in Sungai Petani, Kedah, Malaysia // *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*. – 2015. – V. 8. – Iss. 3. – P. 294–299.
3. Radon in spring waters in the south of Catalonia / E. Fonollosa, A. Peñalver, F. Borrull, C. Aguilar // *Journal of Environmental Radioactivity*. – 2016. – V. 151. – P. 1. – P. 275–281.
4. Marcos Bonotto D. ^{222}Rn , ^{220}Rn and other dissolved gases in mineral waters of southeast Brazil // *Journal of Environmental Radioactivity*. – 2014. – V. 132. – P. 21–30.
5. Mittal S., Rani A., Mehra R. Estimation of radon concentration in soil and groundwater samples of Northern Rajasthan, India // *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*. – 2016. – V. 9. – Iss. 2. – P. 125–130.
6. Shweikani R., Raja G. Natural radionuclides monitoring in drinking water of Homs city // *Radiation Physics and Chemistry*. – 2015. – V. 106. – P. 333–336.
7. Рекомендации по уменьшению концентрации радона в воде родников и скважин Джаббор Расуловского района / Б.Д. Бобоев, Х.М. Назаров, Д.А. Саломов, К.А. Эрматов, В.М. Миряхяев // *Известия Академии наук Республики Таджикистан. Отделение физико-математических, химических, геологических и технических наук*. – 2015. – № 2 (159). – С. 83–86.
8. Батраков Д.В., Гапонов Д.А. Радон в воде родников г. Ростова-на-Дону // *Стратегия устойчивого развития регионов России*. – 2014. – № 19. – С. 82–85.
9. Исследование аналитических показателей воды родника Двенадцать ключей Бирского района Республики Башкортостан / Г.Г. Козлова, С.А. Онина, А.Р. Махмутов, С.М. Усманов // *Башкирский химический журнал*. – 2014. – Т. 21. – № 3. – С. 129–131.
10. Пындак В.И., Солодовников Ю.И. Радоновые источники в Жирновском районе Волгоградской области // *Проблемы региональной экологии*. – 2006. – № 1. – С. 87–92.
11. Семенищев В.С., Воронина А.В., Никифоров А.Ф. Определение радона-222 в природных источниках города Екатеринбурга // *Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление*. – 2014. – № 4. – С. 95–101.
12. Radon-222 in medicinal groundwater of Szczawno Zdroj / T.A. Przylibski, K. Mroczkowski, A. Zebrowski, P. Filbier // *Environmental Geology*. – 2001. – V. 40. – № 4–5. – P. 429–439.
13. Przylibski Tadeusz A., Gorecka J. ^{222}Rn activity concentration differences in groundwaters of three Variscan granitoid massifs in the Sudetes (NE Bohemian Massif, SW Poland) // *Journal of Environmental Radioactivity*. – 2014. – V. 134. – P. 43–53.
14. Tole M.P. The potential of Geothermal Systems in Kenya for Balneological use // *Environmental Geochemistry and Health*. – 2002. – V. 24. – № 2. – P. 103–110.
15. Елисеев В.А., Акуленко Ю.Н., Пузанов А.В. Радоновые воды Алтая и их использование в санаторно-курортной практике // *Известия Алтайского государственного университета*. – 2000. – № 3. – С. 63–65.
16. История и современность санатория «Белокуриха» / В.Г. Бегиев, О.В. Бегиев, Г.Н. Токуева, Н.Г. Яковлева, О.П. Корякова, Т.В. Федоровская, Е.И. Лесничих // *Сборники конференций НИИ «Социосфера»*. – Прага, 2013. – № 55. – С. 44–49.
17. Лечение профессиональных заболеваний пульмонологического профиля на естественных источниках радоновых вод Хакасии / С.И. Семенов, Р.В. Гордеева, О.В. Кузьменко, Е.А. Мартынов // *Курортная база и природные лечебно-оздоровительные местности Тувы и сопредельных регионов*. – 2015. – Т. 2. – № 1–1. – С. 46–49.
18. Stanhope J., Weinstein Ph., Cook A. Health effects of natural spring waters: a protocol for systematic reviews with a regional case example // *Journal of Integrative Medicine*. – 2015. – V. 13. – Iss. 6. – P. 416–420.
19. Ядерно-геофизические исследования в природном парке «Налычево» (Камчатка) / П.П. Фирстов, В.А. Рашидов, А.В. Мельникова, В.И. Андреев, В.Н. Шульженкова // *Вестник Камчатского регионального учебно-научного центра. Серия: «Науки о Земле»*. – 2011. – № 17. – С. 91–101.
20. Radon activity measurements around Bakreswar thermal springs / H. Chaudhuri, K. Das Nisith, K. Bhandari Rakesh, P. Sen, B. Sinha // *Radiation Measurements*. – 2010. – V. 45. – Iss. 1. – P. 143–146.
21. Origin of radon concentration of Csálóka Spring in the Sopron Mountains (West Hungary) / Á. Freiler, Á. Horváth, K. Török, T. Földes // *Journal of Environmental Radioactivity*. – 2016. – V. 151. – P. 1. – P. 174–184.
22. Radon levels in groundwaters and natural radioactivity in soils of the volcanic region of La Garrotxa, Spain / V. Moreno, J. Bach, C. Baixeras, Ll. Font // *Journal of Environmental Radioactivity*. – 2014. – V. 128. – P. 1–8.
23. Эгембердиев С.И. Исторические памятники и лечебные родники // *Наука, новые технологии и инновации*. – 2013. – № 5. – С. 209–210.
24. Ермакова Е.Е. Почитаемые водные источники Тюменской области: типологический и функциональный анализ // *Вестник Тюменского государственного университета. Гуманитарные исследования. Humanities*. – 2013. – № 2. – С. 27–34.
25. Николаева О.П., Ким Г.В., Стародубов А.В. Сохранность родников на территории Республики Алтай // *География и природопользование Сибири*. – 2014. – № 18. – С. 129–134.
26. Lund John W. Balneological use of thermal and mineral waters in the U.S.A. // *Geothermics*. – 1996. – V. 25. – Iss. 1. – P. 103–147.
27. Klempe H. The hydrogeological and cultural background for two sacred springs, Bo, Telemark County, Norway // *Quaternary International*. – 2015. – V. 368. – P. 31–42.
28. Назаров А.Д. Родники г. Томска – распространение, состав, возможности использования и аквапаркового обустройства (краткие сведения по исторической части города) // *Известия Томского политехнического университета*. – 2002. – Т. 305. – Вып. 8. – С. 236–256.
29. Nsubuga F.B., Kansime F., Okot-Okumu J. Pollution of protected springs in relation to high and low density settlements in Kampala – Uganda // *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*. – 2004. – V. 29. – Iss. 15–18. – P. 1153–1159.
30. Галькина И.С., Ротанова И.Н. Развитие лечебно-оздоровительного туризма в Алтайском крае (на примере Завьяловских озер) // *География и природопользование Сибири*. – 2014. – № 18. – С. 59–64.
31. Санитарно-бактериологическая оценка качества вод в местах выходов минеральных источников долины реки Шумак (Тункинские гольцы, восточная Сибирь) / М.Ю. Суслова, О.С. Кравченко, Т.Я. Косторнова, В.В. Парфенова // *Сибирский медицинский журнал (Иркутск)*. – 2013. – Т. 117. – № 2. – С. 92–95.
32. Obrdlik P. The Longola Hot Springs of Zambia: the need for conservation // *Biological Conservation*. – 1988. – V. 43. – Iss. 2. – P. 81–86.
33. Şahin M. Hydrogeology and the Declaration of Protection Area of Tavra Springs (Sivas – Turkey) // *Procedia Earth and Planetary Science*. – 2015. – V. 15. – P. 79–84.
34. Семенова Н.М. Исследование и мониторинг памятников природы в Томской области // *Геология, геоэкология, эволюцион-*

- ная география: монография. Т. XIII // под ред. Е.М. Нестерова, В.А. Снытко. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2014. – С. 205–209.
35. Семенова Н.М. Памятники природы в системе особо охраняемых природных территорий в Западной Сибири // Охрана природы: сборник статей / под. ред. А.Е. Березина. – Томск: Изд-во НТЛ, 2000. – С. 99–113.
36. Карандашев В.К., Орлова Т.А., Лежнев А.Е. Определение элементного состава природных и питьевых вод методом ICP-MS. Методика количественного химического анализа. – М.: Изд-во ВИМС, 2006. – 40 с.
37. Лозовский И.Т., Рихванов Л.П. У истоков изучения радиоактивности и радиоактивных элементов в Сибири // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы международной конференции, посвященной столетию со дня открытия радиоактивности и столетию Томского политехнического университета. – Томск: Изд-во ТПУ, 1996. – С. 24–34.
38. Орлова М.П. Некоторые известковые и радиоактивные источники окрестностей г. Томска // Известия Томского государственного университета. – 1925. – Т. 76. – С. 353–365.
39. Природоохраняемые территории и объекты Томской области: материалы для разработки разделов «Охрана природы» в ТЭО хозяйственных проектов / Ю.А. Львов, В.В. Хахалкин, Н.Я. Несветайло, Н.М. Семенова. – Томск: Изд-во НИИ биологии и биофизики при Томском гос. университете, 1985. – 39 с.
40. Распространенность урана в природных водах юга Западной Сибири / Ю.Г. Копылова, З.В. Лосева, Е.М. Дутова, А.В. Лисина, И.В. Сметанина, Т.И. Романова // Радиоактивность и радиоактивные элементы в среде обитания человека: материалы международной конференции, посвященной столетию со дня открытия радиоактивности и столетию Томского политехнического университета. – Томск: Изд-во ТПУ, 1996. – С. 124–126.
41. Изучение гидродинамического и гидрогеохимического режима родников г. Томска. Отчет о выполненной работе по государственным контрактам № 2-РТ-2003/31 от 16.03.2002 г. и № 26 от 14.05.2004 г. с ОГУП «Томскинвестгеонефтегаз» / науч. рук. директор ИНПЦ «Том-Аналитика» ТПУ Е.Г. Вертман. – Томск, 2004. – 201 с.
42. Орлов П.П. К вопросу о радиоактивности сибирских минеральных вод // Известия Томского государственного университета. – 1924. – Т. 74. – С. 103–125.
43. Ермашова Н.А. Минеральные воды долины реки Томи и перспективы расширения минерально-сырьевой базы // Актуальные вопросы физиотерапии и курортологии Сибири. – Томск, 1994. – С. 20–21.
44. Нуднер В.А., Смоленцев Ю.К. Геология и минеральные воды долины р. Ушайки. Отчет о работах партии № 73, проведенных в 1953–56 гг. на месторождении минеральных вод долины р. Ушайки. Т. 1. – Томск, 1957.
45. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1:200 000 (издание второе). Лист О-45-XXXII (Тайга). – СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2008.
46. Старов Е.Н., Мананков А.В. К вопросу изучения радона в водах родников города Томска // Материалы 56-й научно-технической конференции студентов и молодых ученых. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2010. – С. 339–342.
47. Дяба А.А., Крамынина А.К., Яковлева В.С. Радон в родниковых и артезианских водах г. Томска // Современные техника и технологии: сборник трудов XV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Т.3. – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – С. 43–45.
48. Геохимические особенности подземных родниковых вод Томского района / Д. Бэнкс, В.П. Парначёв, А.Л. Архипов, А.М. Адам, С.П. Кулижский // Современные проблемы географии и геологии: матер. III Междунар. науч.-практ. конф. с элементами школы-семинара для студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск: Томский государственный университет, 2014. – С. 252–255.
49. Парначёв В.П., Архипов А.Л. О некоторых геохимических особенностях подземных родниковых вод окрестностей города Томска // Роговские чтения: Проблемы инженерной геологии, гидрогеологии и геоэкологии урбанизированных территорий. Всероссийская конференция с международным участием, посвященная 85-летию со дня рождения профессора Г.М. Рогова. – Томск: Изд-во Томского архитектурно-строительного университета, 2015. – С. 49–51.
50. Kelcey Jh.G. Nature conservation, water and urban areas in Britain // Urban Ecology. – 1985. – V. 9. – Iss. 2. – P. 99–142.
51. Arguments for Integrative Management of Protected Areas in the Cities – Case Study in Bucharest City / G. Manea, E. Matei, I. Vi-julie, L. Tirlă, R., Cuculici O. Cocos, A. Tiscovschi // Procedia Environmental Sciences. – 2016. – V. 32. – P. 80–96.
52. Семенова Н.М., Амельченко В.П., Волкова И.И. Ботанико-географические особенности и перспективы сохранения уникального природного комплекса в южном пригороде г. Томска // Проблемы региональной экологии. – 2015. – № 6. – С. 49–54.

Поступила 07.04.2016 г.

Информация об авторах

Семенова Н.М., кандидат географических наук, доцент кафедры природопользования Национального исследовательского Томского государственного университета.

Назаров А.Д., кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры гидрогеологии, инженерной геологии и гидрогеоэкологии Института природных ресурсов Национального исследовательского Томского политехнического университета.

Сидорина Н.Г., руководитель Испытательной лаборатории природных лечебных ресурсов Томского НИИ курортологии и физиотерапии.

Тишин П.А., кандидат геолого-минералогических наук, руководитель ЦКП «Аналитический центр геохимии природных систем» Национального исследовательского Томского государственного университета.

UDK 502.51(571.16)

STUDY AND PROTECTION OF RADON SPRINGS IN THE NEIGHBOR OF TOMSK

Natalya M. Semenova¹,
nmsemnv@mail.tomsknet.ru

Alexander D. Nazarov²,
nazarov@tpu.ru

Natalya G. Sidorina³,
resurs@niikf.tomsk.ru

Platon A. Tishin¹,
tishin_pa@mail.ru

¹ National Research Tomsk State University,
36, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia.

² National Research Tomsk Polytechnic University,
30, Lenin Avenue, Tomsk, 634050, Russia.

³ Tomsk Research Institute of health resorts and physiotherapy,
7, Rosa Luxembourg Street, Tomsk, 634050, Russia.

Up to the present time the composition and quality of water in spring wells near Tomsk are not fully investigated. Hydrochemical and balneological properties of waters were virtually neglected. Specific activity of radon-222 in spring wells of Tomsk is 2–25 Bq/dm³. The highest levels of radon occurrence are discovered in subsurface waters of the south-east territory of Tomsk in the basin of the Ushaika river. Radon spring wells were historical source of water supply. In the suburban areas, where these springs are located, they are still used and protected by the local population as a source of clean water. Due to the intensive development of suburban areas, the radon springs and their natural surroundings are of key importance for determining ecological nets and areas requiring special protection. Radon spring wells are integral to the natural heritage of Tomsk region and they are subject to protection in relation to their location, water composition and quality.

The main aim of the study is to analyze the traditions and priorities of study and use of radon springs of Tomsk region; full geoecological assessment of the most eligible radon locations outside of Tomsk in terms of ensuring their special protection.

The methods used in the study: study of literature and normative and legal sources that determine current status of radon springs as natural resource of traditional use and nature protection; mapping radon springs locations in the valley of the Ushayka River; testing springs; physical and chemical, also radiological study of spring waters.

The results. The paper introduces the results of a comparative analysis of water samples from popular spring wells of Tomsk. The authors have studied in details the spring «Chistiy Kluch» (222Rn=39,5 Bq/dm³) on the right bank of the Ushaika river near Zavarzino village. The analysis of water and surrounding territory showed that the spring is the valuable natural site requiring a status of specially protected territory of regional significance.

Key words:

Springs, nature monuments, radon waters, natural mineral water, Tomsk Region.

Research and investigations were partially financed by the administration of Tomsk as part of research work on Comprehensive Environmental Study of Specially Protected Areas of Tomsk Region in 2014.

REFERENCES

1. Abdallah Samer M., Habib Rima R., Nuwayhid Rida Y., Chatila M., Katul G. Radon measurements in well and spring water in Lebanon. *Radiation Measurements*, 2007, vol. 42, Iss. 2, pp. 298–303.
2. Ahmad N., Jaafar Mohamad S., Alsaffar Mohammed S. Study of radon concentration and toxic elements in drinking and irrigated water and its implications in Sungai Petani, Kedah, Malaysia. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 2015, vol. 8, Iss. 3, pp. 294–299.
3. Fonollosa E., Peñalver A., Borrull F., Aguilar C. Radon in spring waters in the south of Catalonia. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2016, vol. 151, P. 1, pp. 275–281.
4. Marcos Bonotto D. 222Rn, 220Rn and other dissolved gases in mineral waters of southeast Brazil. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2014, vol. 132, pp. 21–30.
5. Mittal S., Rani A., Mehra R. Estimation of radon concentration in soil and groundwater samples of Northern Rajasthan, India. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences*, 2016, vol. 9, Iss. 2, pp. 125–130.
6. Shweikani R., Raja G. Natural radionuclides monitoring in drinking water of Homs city. *Radiation Physics and Chemistry*, 2015, vol. 106, pp. 333–336.
7. Boboev B.D., Nazarov Kh.M., Salomov D.A., Ermatov K.A., Miryakhyayev V.M. Rekomendatsii po umensheniyu radona v vode rodnikov i skvazhin Dzhabbor Rasulovskogo rayona [Recommendations for reducing radon concentration in Jabor Rasulov district springs and wells water]. *News of the Academy sciences of the Republic of Tadzhikistan. Department of physical, mathematical, geological and technical sciences*, 2015, no. 2 (159), pp. 83–86.

8. Batrakov D.V., Gaponov D.A. Radon v vode rodnikov g. Rostova-na-Donu [Radon in water springs of Rostov-on-Don]. *Strategiya ustoychivogo razvitiya regionov Rossii*, 2014, no. 19, pp. 82–85.
9. Kozlova G.G., Onina S.A., Makhmutov A.R., Usmanov S.M. Issledovanie analiticheskikh pokazateley vody rodnika «Dvenadtsat klyuchey» Birskego rayona respubliky Bashkortostan [Research of analytical indicators of spring water «Twelve springs» in Birske region of the Republic Bashkortostan]. *Bashkirskii khimicheskii zhurnal*, 2014, vol. 21, no. 3, pp. 129–131.
10. Pyndak V.I., Solodovnikov Yu.I. Radonovye istochniki v Zhirnovskom rayone Volgogradskoy oblasti [Radon springs in Zhirnovsky area of Volgograd Oblast]. *Problemy regionalnoy ekologii*, 2006, no. 1, pp. 87–92.
11. Semenishchev V.S., Voronina A.V., Nikiforov A.F. Determination of Radon-222 in Natural Drinking Water Sources in Outskirts of Yekaterinburg. *Water sector of Russia: Problems, technologies, management*, 2014, no. 4, pp. 95–101. In Rus.
12. Przylibski T.A., Mroczkowski K., Zebrowski A., Filbier P. Radon-222 in medicinal groundwater of Szczawno Zdroj. *Environmental Geology*, 2001, vol. 40, no. 4–5, pp. 429–439.
13. Przylibski Tadeusz A., Gorecka J. 222Rn activity concentration differences in groundwaters of three Variscan granitoid massifs in the Sudetes (NE Bohemian Massif, SW Poland). *Journal of Environmental Radioactivity*, 2014, vol. 134, pp. 43–53.
14. Tole M.P. The potential of Geothermal Systems in Kenya for Balneological use. *Environmental Geochemistry and Health*, 2002, vol. 24, no. 2, pp. 103–110.
15. Elishev V.A., Akulenko Yu.N., Puzanov A.V. Radonovye vody Altaya i ikh ispolzovanie v sanatorno-kurortnoy praktike [The Altai radon water and its use in sanatorium and spatreatment-resort]. *The News of Altai State University*, 2000, no. 3, pp. 63–65.
16. Begiev V.G., Begiev O.V., Tokueva G.N., Yakovleva N.G., Koryakova O.P., Fedorovskaya T.V., Lesnichikh E.I. Istoriya i sovremennost sanatoriya «Belokurikha» [History and contemporaneity of health resort «Belokurikha»]. *Sborniki konferentsiy NITS «Sotsiosfera»* [Proceedings of conferences of the scientific research center «Sotsiosfera»]. Prague, 2013. No. 55, pp. 44–49.
17. Semenov S.I., Gordeeva R.V., Kuzmenko O.V., Martynov E.A. Lechenie professionalnykh zabolevaniy pulmonologicheskogo profilya na estestvennykh istochnikakh radonovykh vod Khakasii [Treatment of professional diseases of pulmonary profile on natural springs of radon waters of Khakasia]. *Kurortnaya baza i prirodnye lechebno-ozdorovitelnye mestnosti Tuvy i sopredelnykh regionov*, 2015, vol. 2, no. (1–1), pp. 46–49.
18. Stanhope J., Weinstein Ph., Cook A. Health effects of natural spring waters: A protocol for systematic reviews with a regional case example. *Journal of Integrative Medicine*, 2015, vol. 13, Iss. 6, pp. 416–420.
19. Firstov P.P., Rashidov V.A., Melnikova A.V., Andreev V.I., Shulzhenskova V.N. Nuclear-geophysical investigation in Nalychevo nature park, Kamchatka. *Bulletin of Kamchatka Regional Association «Educational-Scientific Center»*. *Earth Sciences*, 2011, no. 17, pp. 91–101. In Rus.
20. Chaudhuri H., Das Nisith K., Bhandari Rakesh K., Sen P., Sinha B. Radon activity measurements around Bakreswar thermal springs. *Radiation Measurements*, 2010, vol. 45, Iss. 1, pp. 143–146.
21. Freiler Á., Horváth Á., Török K., Földes T. Origin of radon concentration of Csalóka Spring in the Sopron Mountains (West Hungary). *Journal of Environmental Radioactivity*, 2016, vol. 151, P. 1, pp. 174–184.
22. Moreno V., Bach J., Baixeras C., Font Ll. Radon levels in groundwaters and natural radioactivity in soils of the volcanic region of La Garrotxa, Spain. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2014, vol. 128, pp. 1–8.
23. Egemberdiev S.I. Istoricheskie pamyatniki i lechebnye rodniki [Historical monuments and healing springs]. *Nauka, novye tekhnologii i innovatsii*, 2013, no. 5, pp. 209–210.
24. Ermakova E.E. Worshipped water springs of Tyumen region: typological and functional analysis. *UT Research Journal. Humanities Research. Humanities*, 2013, no. 2, pp. 27–34. In Rus.
25. Nikolaeva O.P., Kim G.V., Starodubov A.V. Sokhrannost rodnikov na territorii Respubliki Altay [Preservation of springs in Altay region]. *Geografiya i prirodopolzovanie Sibiri*, 2014, no. 18, pp. 129–134.
26. Lund John W. Balneological use of thermal and mineral waters in the U.S.A. *Geothermics*, 1996, vol. 25, Iss. 1, pp. 103–147.
27. Klempe H. The hydrogeological and cultural background for two sacred springs, Bø, Telemark County, Norway. *Quaternary International*, 2015, vol. 368, pp. 31–42.
28. Nazarov A.D. Rodniki g. Tomska – rasprostranenie, sostav, vozmozhnosti ispolzovaniya i akvaparkovogo obustroystva (kratkie svedeniya po istoricheskoy chasti goroda) [Springs of Tomsk – Spread, composition, possibilities of use and development of aqua park (summary on historic area of the city)]. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University*, 2002, vol. 305, no. 8, pp. 236–256.
29. Nsubuga F.B., Kansiime F., Okot-Okumu J. Pollution of protected springs in relation to high and low density settlements in Kampala – Uganda. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 2004, vol. 29, Iss. 15–18, pp. 1153–1159.
30. Galkina I.S., Rotanova I.N. Razvitie lechebno-ozdorovitel'nogo turizma v Altayskom krae (na primere Zavyalovskikh ozer) [Development of health-related tourism in Altay region (e.g. Zavyalovskie lakes)]. *Geografiya i prirodopolzovanie Sibiri*, 2014, no. 18, pp. 59–64.
31. Suslova M.Yu., Kravchenko O.S., Kostornova T.Ya., Parfenova V.V. Sanitary-bacteriological control of quality of water in exit point of mineral springs of valley of the Shumak river (the Tunkinsky Ridge, Eastern Siberia). *Medical journal of Siberia (Irkutsk)*, 2013, vol. 117, no. 2, pp. 92–95. In Rus.
32. Obrdlik P. The Longola Hot Springs of Zambia: the need for conservation. *Biological Conservation*, 1988, vol. 43, Iss. 2, pp. 81–86.
33. Şahin M. Hydrogeology and the Declaration of Protection Area of Tavra Springs (Sivas – Turkey). *Procedia Earth and Planetary Science*, 2015, vol. 15, pp. 79–84.
34. Semenova N.M. Issledovanie i monitoring pamyatnikov prirody v Tomskoy oblasti [Research and monitoring of natural monuments in Tomsk oblast]. *Geologiya, geoekologiya, evoliutsionnaya geografiya: kolektivnaya monografiya* [Geology, Geoecology, Evolutionary Geography: monograph]. St-Petersburg, RSPU Publ. house, 2014. Vol. XIII, pp. 205–209.
35. Semenova N.M. Pamyatniki prirody v sisteme osobo okhranyayemykh prirodnykh territoriy v Zapadnoy Sibiri [Nature monuments in the system of protected areas in Western Siberia]. *Okhrana prirody: sbornik statey* [Nature conservation: collection of papers]. Tomsk, NTL Publ., 2000. pp. 99–113.
36. Karandachev V.K., Orlova T.A., Lezhnev A.E. *Opreделение элементного состава природных и питьевых вод методом ИСР-МС. Методика количественного химического анализа* [Determination of elemental composition of natural and drinking water by ICP-MS. Methods of quantitative chemical analysis]. Moscow, VIMS Publ., 2006. 40 p.
37. Lozovskiy I.T., Rikhvanov L.P. U istokov izucheniya radioaktivnosti i radioaktivnykh elementov v Sibiri [At the origins of researching radioactivity and radioactive elements in Siberia]. *Radioaktivnost i radioaktivnye elementy v srede obitaniya cheloveka. Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii* [Radioactivity and radioactive elements in the human environment. Proc. of Intern. Conf.]. Tomsk, 1996. pp. 24–34.

38. Orlova M.P. Nekotorye izvestkovye i radioaktivnye istochniki okrestnostey g. Tomsk [Certain calcareous and radioactive springs on the neighbors of Tomsk]. *Tomsk State University Journal*, 1925, vol. 76, pp. 353–365.
39. Lvov Yu.A., Khakhalkin V.V., Nesvetaylo N.Ya., Semenova N.M. Priridookhranyaemye territorii i obekty Tomskoy oblasti: Materialy dlya razrabotki razdelov «Okhrana prirody» v TEO khozyaystvennykh proektov [Nature protected areas of Tomsk oblast: Materials for developing «Environmental protection» sections of TEOs project]. Tomsk, Research Institute of Biology and Biophysics Publ., 1985. 39 p.
40. Kopylova Yu.G., Loseva Z.V., Dutova E.M., Lisina A.V., Smetnina I.V., Romanova T.I. Rasprostranennost urana v prirodnykh vodakh yuga Zapadnoy Sibiri [Uranium distribution in natural waters of South of West Siberia]. *Radioaktivnost i radioaktivnye elementy v srede obitaniya cheloveka. Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii* [Radioactivity and radioactive elements in the human environment. Proc. of Intern. Conf.]. Tomsk, 1996. pp. 124–126.
41. Vertman E.G., Nazarov A.D. Otchet o vypolnennykh rabotakh po programme: Izuchenie gidrodinamicheskogo i gidrokhimicheskogo rezhima rodnikov g. Tomsk [Completion report: Study of hydrodynamic and hydrogeochemical properties of springs of Tomsk]. Tomsk, 2004. 201 p.
42. Orlov P.P. K voprosu o radioaktivnosti Sibirskikh mineralnykh vod [On the issue of radioactivity of mineral waters in Siberia]. *Tomsk State University Journal*, 1924, vol. 74, pp. 103–125.
43. Ermashova N.A. Mineralnye vody doliny reki Tomi i perspektivy passhireniya mineralno-syrovoy bazy [Mineral waters of the valley of the river Tom and prospects for expanding the mineral resource base]. *Aktualnye voprosy fizioterapii i kurortologii Sibiri* [Actual issues of Physiotherapy and Health Resort in Siberia]. Tomsk, 1994. pp. 20–21.
44. Nudner B.A., Smolentsov Yu.K. *Geologiya i mineralnye vody doliny reki Ushaiki. Otchet o rabotakh partii no. 73, provedennykh v 1953–1956 na mestorozhdenii mineralnykh vod doliny reki Ushaiki* [Geology and mineral waters of the valley of the Ushaika river. Field work report of crew № 73 in 1953–1956 on the mineral water field of the valley of the Ushaika river]. Tomsk, 1957. Vol. 1.
45. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy federatsii masshtaba 1:200000* [The state geological map of the Russian Federation; scale 1:200000] St-Petersburg, Cartographic plant VSEGEI, 2008.
46. Starov E.N., Manankov A.V. K voprosu izucheniya radona v vodakh rodnikov goroda Tomsk [On the issue of studying radon in springs of Tomsk]. *Materialy 56 nauchno-technicheskoy konferentsii studentov i molodykh uchenykh* [Proceedings of the 56th scientific conference of students and young researchers]. Tomsk, Tomsk State University of Architecture and Building Publ., 2010. pp. 339–342.
47. Dyaba A.A., Kramynina A.K., Yakovleva V.S. Radon v rodnikovyykh i artezijskikh vodakh g. Tomsk [Radon in springs and wells of Tomsk]. *Sovremennye tekhnika i tekhnologii: Sbornik trudov XV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh* [Modern Techniques and Technologies: Proc. of the 15th International Scientific and Practical Conference of Students, Post-graduates and Young Scientists]. Tomsk, Tomsk Polytechnic University Publ., 2009, Vol. 3, pp. 43–45.
48. Banks D., Parnachev V.P., Arkhipov A.L., Adam A.M., Kulizhskiy S.P. Geokhimicheskie osobennosti podzemnykh rodnikovyykh vod Tomskogo rayona [Geochemical peculiarities of underground waters in Tomsk Region]. *Sovremennye problemy geografii i geologii: Materialy III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s elementami shkoly-seminara dlya studentov, aspirantov i molodykh uchenykh* [Modern problems of geography and geology: Proc. of the 3rd International scientific and practical conference with elements of school-seminar for students, post-graduates and young scientists]. Tomsk, Tomsk State University Publ., 2014. pp. 252–255.
49. Parnachev V.P., Arkhipov A.L. O nekotorykh geokhimicheskikh osobennostyakh podzemnykh rodnikovyykh vod okrestnostey goroda Tomsk [On certain geochemical properties of underground spring water of the suburbs of Tomsk]. *Problemy inzhenernoy geologii, gidrogeologii i geoekologii urbanizirovannykh territoriy. Materialy Vserossiyskoy konferentsii* [Issues of engineering geology, hydrogeology and geoecology of the developed territories. Proc. of All-Russian conference]. Tomsk, Tomsk State University of Architecture and Building Publ., 2015. pp. 49–51.
50. Kelcey John G. Nature conservation, water and urban areas in Britain. *Urban Ecology*, 1985, vol. 9, Iss. 2, pp. 99–142.
51. Manea G., Matei E., Vijulie I., Tirlă L., Cuculici R., Cocos O., Tişcovschi A. Arguments for Integrative Management of Protected Areas in the Cities – Case Study in Bucharest City. *Procedia Environmental Sciences*, 2016, vol. 32, pp. 80–96.
52. Semenova N.M., Amelchenko V.P., Volkova I.I. Botanical and geographical peculiarities and preservation prospects for a unique natural landscape located in the southern suburb of the city of Tomsk. *Regional Environmental Issues*, 2015, no. 6, pp. 49–54. In Rus.

Received: 7 April 2016.

Information about the authors

Natalya M. Semenova, Cand. Sc., associate professor, Tomsk State University.

Alexander D. Nazarov, Cand. Sc., associate professor, National Research Tomsk Polytechnic University.

Natalya G. Sidorina, Head of the laboratory, Tomsk Research Institute of Health Resorts and Physiotherapy.

Platon A. Tishin, Cand. Sc., head of analytical center, Tomsk State University.