

УДК 502.51 (571.16)

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕКРЕАЦИОННО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОЙ ЗОНЫ «КЛЮЧИ» (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Семенова Наталья Михайловна¹,
nmsemnv@mail.tomsknet.ru

Назаров Александр Дмитриевич²,
nazarov@tpu.ru

Лойко Сергей Васильевич¹,
s.loyko@yandex.ru

Сидорина Наталья Геннадьевна³,
sidorinang@med.tomsk.ru

Тишин Платон Алексеевич¹,
tishin_pa@mail.ru

¹ Национальный Исследовательский Томский государственный университет,
Россия, 634050, 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, Томск, ул. Р. Люксембург, 7.

С момента своего возникновения г. Томск постепенно подчиняет себе прилегающие земли, определяя их функциональное назначение и условия использования, а по мере необходимости за их счет расширяет свои границы, включая в свой состав отдельные участки бывших пригородных территорий.

В XIX в. в лесных массивах вокруг Томска, особенно по его западной и южной периферии, сформировался обширный пояс пригородных дач. Современная застройка Томска активно внедряется в традиционные для томичей места отдыха, свободной и организованной рекреации, вызывая при этом комплекс социальных и экологических противоречий и проблем. При этом наиболее серьезные последствия ожидаются в местах концентрации и длительного целевого использования рекреационных и оздоровительных ресурсов, попадающих в сферу влияния жестких конкурирующих интересов развития традиционного дачного хозяйства и современной элитной коттеджной застройки. Примером тому является территория в окрестностях старого лечебно-оздоровительного комплекса г. Томска, расположенного в рекреационно-дачном поясе ближнего пригорода у пос. Ключи.

В связи с интенсивным освоением и застройкой прилегающих земель лечебно-оздоровительный комплекс постепенно лишается связи с природным окружением. Возникает проблема сохранения качества природных вод выходящих здесь родников и обеспечения сохранности уникального тростникового болота, являющегося ключевым звеном местного экологического каркаса и одновременно основным препятствием для сплошной застройки территории.

Цель работы: анализ условий, традиций и перспектив использования природных ресурсов рекреационного и лечебно-оздоровительного назначения в ближнем пригороде г. Томска в окрестностях пос. Ключи; геоэкологическая оценка ресурсного потенциала уникального водно-болотного комплекса, наделенного статусом особо охраняемой природной территории.

Методы исследования: работа с картографическими материалами и нормативными правовыми документами, определяющими особенности современной градостроительной и экологической ситуации в окрестностях пос. Ключи; ландшафтно-геоботанические исследования, зондирование органо-минеральных отложений в долине р. Бордянки; картирование и опробование родников по р. Бордянке; физико-химические и радиологические исследования родниковых вод.

Результаты. Установлены особенности природных ресурсов долины р. Бордянки и условия их использования. Представлены результаты анализа родниковых вод, находящихся в сфере традиционного водопользования. Обоснована природная уникальность района исследований. Рассмотрена принципиальная возможность планирования лечебно-оздоровительной местности на базе Центра реабилитации «Ключи» в южном секторе ближнего пригорода г. Томска.

Ключевые слова:

Родники, травертины, водно-болотные угодья, природные минеральные воды, радоновые воды, особо охраняемые природные территории, лечебно-оздоровительные местности, пос. Ключи, г. Томск.

Введение

Исследуемая территория находится на правом берегу р. Басандайки – малого правобережного притока р. Томи (рис. 1), ограничивающего с юга распространение зоны основной застройки пригородного типа. Расстояние от жилых кварталов

Томска по автодороге около 7 км, от р. Томи по прямой – около 4 км.

Рельеф района очень пересеченный и весьма контрастный. Долина Басандайки глубоко врезана. В ее строении в данном районе четко выражена правосторонняя асимметрия. Правый борт более

современный лечебно-оздоровительный комплекс, рассчитанный на одновременный прием 250 человек. Он открыт в марте 2000 г., но имеет весьма длительную предысторию.

Центр реабилитации «Ключи» построен на месте старого лечебно-оздоровительного учреждения ближнего пригорода Томска с одноименным названием. Считается, что в определенном смысле район размещения Центра реабилитации «Ключи» – «святое место». Еще в дореволюционное время здесь находилась монастырская заимка, где в 1898 г. была построена деревянная церковь Иоанно-Предтеченского женского монастыря. На территории монастыря били ключи с «целебной», как считали в народе, водой [1]. Памятниками былой деятельности монахов в данном районе являются остатки насыпи плотины и группа старых высокоствольных тополей на правом берегу р. Бордынки.

Таким образом, задачи территориальной охраны природы в данном районе Томска сочетаются с интересами планирования здесь лечебно-оздоровительной местности. И если сохранение ценных в природном отношении объектов в принципе возможно путем ограничения небольших по размерам «заповедных» участков, то понятие «лечебно-оздоровительная местность» предполагает выделение более значительных площадей, обеспечивающих защиту и надлежащее использование имеющегося комплекса природных лечебно-оздоровительных ресурсов.

У Центра реабилитации «Ключи», благодаря уникальному соседству одного из старых припоселковых кедровников, по определению тяготеющих к хорошо дренированным местоположениям, и комплекса фитоценозов тростникового болота, формирование которого обусловлено условиями повышенного увлажнения, имеются достаточные пространственные резервы, чтобы говорить о планировании здесь лечебно-оздоровительной местности. Большая часть этой площади находится в статусе особо охраняемой природной территории местного значения и обладает уникальными природными ресурсами как утилитарного потребительского, так и непосредственно лечебно-оздоровительного назначения.

Материалы и методы исследований

Материалы, характеризующие природные условия и особенности рассматриваемой территории, получены во время полевых исследований, проводившихся в период с 2009 по 2016 гг. Отбор проб родниковой воды для проведения испытаний в лабораторных условиях и определения удельной активности радона производился в полевые сезоны 2014 и 2016 гг.

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 ми-

неральные 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, вольтамперметрический анализатор СТА-1.

Содержание микроэлементов 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 [2].

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».

В процессе выполнения работы проведен анализ градостроительной ситуации, природоохранных инициатив и экологических ограничений в окрестностях пос. Ключи. Составлены актуальные карты природно-хозяйственных особенностей района работ и размещения исследованных родников.

Статус территорий природоохранного назначения в исследуемом районе определен на основе анализа официальной правоустанавливающей документации. Для этих целей использовались как индивидуальные нормативные правовые источники, так и типовые реестры областного и муниципального уровня.

Природные особенности района исследований

Характерной особенностью района исследований являются многочисленные выходы подземных вод. Здесь известно 33 родника, дающих начало как минимум 20 ручьям.

В верхнем течении р. Бордынки родники выходят на отдельных участках и приурочены к заболоченным циркам (рис. 2). У Центра реабилитации «Ключи» сочится весь склон, что благоприятствует образованию микроползней и сползанию грунта. Выходы родников проявляются на разных высотных отметках. Свободный родниковый сток переувлажняет большую (до 400 м в диаметре) площадь цирка. Для сбора поверхностного стока у подножия склона выкопан пруд-водоприемник, вода из которого используется для хозяйственных нужд.

На гриве, ведущей от корпусов Центра реабилитации «Ключи» к р. Бордынке, отмечается восходящий выход родников с расходящимися в раз-

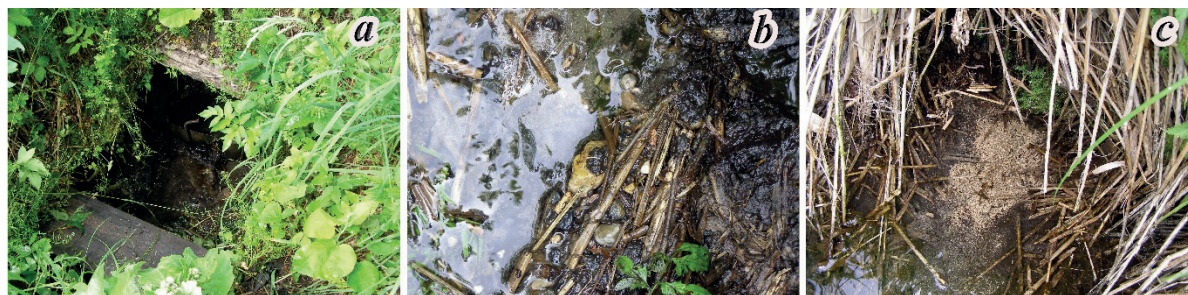


Рис. 2. Родники в верховьях р. Бордянки: а) старый заброшенный колодец; б) песок и галька в месте выхода грунтовых вод; с) фонтанирующий родник среди тростниковых зарослей

Fig. 2. Springs in the upper of the Bordyanka River: a) old unused well; b) sand and gravel at the groundwater outlet; c) fountain spring among reed thickets

ные стороны 3 ручьями, а в низине – нисходящий. Один родник каптирован трубой и бетонной стенкой. К нему от Центра реабилитации проложена широкая металлическая лестница на сваях. Непосредственно у родника и вдоль лестницы оборудованы места для отдыха.

Расход воды на выходе из трубы 0,17 л/с. Вода холодная. В предыдущие годы ее температура составляла около 7 °С. Измерения летом 2016 г. показали, что после устройства нового каптажа вода на выходе из сливной трубы стала прогреваться до 10 °С.

Интенсивный выход родников наблюдается на левом берегу р. Бордянки в месте выхода реки в пойму р. Басандайки. Здесь, на залесенном склоне коренного берега над садовыми участками, проложены нагорные канавы и организован водоприемник. Один ручей по длинной системе открытого стока родниковой воды сбрасывается концевой трубой на дорогу перед мичуринскими участками и назван «Серебряным». Расход воды на выходе из трубы 0,65 л/с, температура воды 7 °С.

Исследуемая территория относится к зоне современного травертинообразования на северных отрогах Алтае-Саянской горной страны [3]. Признаки травертинообразования (рис. 2, табл. 1) в той или иной мере проявляются во всех пунктах отбора проб в местах выхода родников по р. Бордянке. Другой особенностью местных родников является присутствие в их воде радона. Содержание радона в некоторых родниках, по данным исследований второй половины прошлого столетия, достигало 130–150 Бк/дм³. В этой связи один родник на правобережном склоне долины р. Бордянки выше Центра реабилитации «Ключи» именовался «Радоновым».

По составу воды изученные нами родники (рис. 3) имеют определенные черты сходства и некоторые различия с широко известными карбонатными источниками Томской области – Таловскими известковыми чашами и Звездным ключом, обнаруживая при этом интересные закономерности распределения химических элементов в местной ландшафтно-геохимической системе. Так, соглас-



Рис. 3. Схема отбора проб воды по р. Бордянке

Fig. 3. Layout of water sampling along the Bordyanka River

но результатам лабораторных испытаний, содержание основных ионов в воде данных родников в целом ниже, чем в источнике «Таловские известковые чаши», но выше, чем в воде Звездного ключа. Исключение составляет Аннушкин ключ у Центра реабилитации «Ключи», где по ряду измеренных показателей наблюдаются более высокие значения даже по сравнению с Таловскими чашами (табл. 2). Кроме того, в бордянских родниках обнаружено более высокое содержание сульфатов и хлоридов.

Таблица 1. Перечень исследованных водных объектов в долине р. Бордянки

Table 1. List of the studied water bodies in the Bordyanka River valley

Пункты отбора проб на рис. 3 Sampling points in Fig. 3	Краткая характеристика исследованных водных объектов и пунктов отбора проб Brief description of the studied water bodies and sampling points
P-1	Родник в верховьях р. Бордянки. Выходит среди обильного высокотравья. Старый колодезь A spring at headwaters of r. Bordyanka. Emerges in high grasses
P-2	Родник в верховьях р. Бордянки. В месте выхода воды намывтый песок A spring at headwaters of r. Bordyanka. Drift sand at exit point
P-3	Родник в верховьях р. Бордянки. В месте выхода воды серый песок и галька размером 0,5–3,0 см A spring at headwaters of r. Bordyanka. Gray sand and pebble stone of 0,5 to 3,0 cm found at exit point
P-4	Ручей – исток р. Бордянки A spring – source of the river Bordyanka
P-5	Фонтанирующий родник, травертиновые образования на поверхности земли A spouting spring, travertine deposits on the ground
P-6	Река Бордянка ниже Центра реабилитации «Ключи» River Bordyanka downstream of rehabilitation center «Klyuchi»
P-7	Родник на левом берегу Бордянки; у подножия склона A spring on the left bank of the river Bordyanka; near bottom of a slope
P-8	Капированный родник «Серебряный ключ». Выходит из трубы, образуя небольшой водопад. Галька и гравий в месте падения воды. Рыхлые крупинки осаждающихся карбонатов на поверхности земли A capping spring «Serebryaniy klyuch». Exits from a pipe forming a miniature waterfall. Pebble stone at water fall. Loosen carbonate deposits on the ground
P-9	Капированный родник «Аннушкин ключ» у Центра реабилитации «Ключи» A capping spring «Annushkin Klyuch» in vicinity of the rehabilitation center «Klyuchi»

Во всех пробах (табл. 2), кроме пробы из Аннушкина ключа, содержание кальция и магния выше,

чем в воде Звездного ключа, но ниже, чем в источнике «Таловские чаши». В воде Аннушкина ключа концентрация кальция и, особенно, магния (в 1,8 раза) выше, чем в источнике «Таловские чаши».

Натрия в большинстве проб немного меньше, чем в воде Звездного ключа, а в Аннушкином ключе в 1,5 раза больше, чем в Таловских чашах. Содержание калия в большинстве проб находится на уровне его присутствия в воде Звездного ключа и Таловских известковых чаш, в воде из Аннушкина ключа почти в 3 раза выше. Следует также отметить более высокое содержание в воде этого ключа по сравнению с источником «Таловские известковые чаши» бора, титана, бария, стронция, скандия. В то же время содержание марганца более чем 2 раза ниже.

Максимальная концентрация цинка (222 мкг/л), превышающая его содержание в источнике «Таловские чаши», отмечена в воде Серебряного ключа на левом берегу р. Бордянки. Наиболее высокая концентрация хрома (3,2 мкг/л) зафиксирована в фонтанирующем роднике в верховьях р. Бордянки.

В Аннушкином ключе отмечена наиболее высокая концентрация железа, превосходящая его содержание в р. Бордянке (табл. 2), что, кроме естественных причин, можно связывать с последствиями техногенного обустройства территории в районе Центра реабилитации «Ключи», в том числе непосредственно на участке выхода этого ключа. В целом современное состояние природного комплекса долины р. Бордянки во многом определяется характером и интенсивностью антропогенного воздействия. Не исключено, что длительная антропогенная нагрузка является причиной отсутствия здесь хорошо выраженных травертиновых конструкций, как, например, у Звездного ключа по р. Тугояковке, хотя обломки породы отмечают по всему склону в зоне выхода ключей.

На левом берегу р. Бордянки выходы родников сопровождался интенсивным выделением карбонатов на всех предметах. Ранее здесь отмечались целые полянки карбонатного мха. Сейчас это все уничтожено, хотя техногенная нагрузка в зоне стока родниковой воды пока остается невысокой.

Механическая нагрузка на занятое болотом днище долины практически отсутствует. Здесь сформировались уникальные в своем роде мощные толщи насыщенных карбонатами болотных отложений, состоящих из торфа, травертина и торфяно-травертиновой смеси. В верховьях долины под пологом обильных тростниковых зарослей и подстилкой из тростникового опада залегают мокрый черный торф высокой степени разложения. При воздействии соляной кислотой торф вскипает с поверхности. На глубине 30–40 см в торфяной залежи появляются участки, сцементированные травертиновыми новообразованиями. Уровень болотных вод изменяется от 15–20 см у подножия склонов долины до 0 см в мочажинах и по мере приближения к руслу реки.

Таблица 2. Содержание химических элементов в родниковых водах долины р. Бордянки

Table 2. Content of chemical elements in the spring waters of the Bordyanka River valley

Показатель Feature	Ед. измер. Units	Таловские чаши [4] Talovskie chashi [4]	Звездный ключ [4] Zvezdny kluch [4]	Пункты отбора проб (табл. 1, рис. 3) Sampling points (table 1, fig. 3)								
				P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	P-8	P-9
222Rn	Бк/л Bq/l	-	-	-	-	-	-	30	-	-	2	2-7
pH		7,29	7,46	7,7	-	-	-	-	-	-	7,5-8,2	7,1-7,4
M'		-	-	582,7	560	-	-	570	-	-	431-479	373-524
HCO ₃ ⁻		-	-	353,6	-	-	-	-	-	-	261,6-290,8	227,6-318,1
SO ₄ ²⁻		10,5	2,96	48,9	-	-	-	-	-	-	36,2-40,2	31,3-44
Cl ⁻		0,66	2,59	30,3	-	-	-	-	-	-	22,9-24,9	19,4-27,2
NO ₂ ⁻		< 0,05	< 0,05	0	-	-	-	-	-	-	0-0,01	0-0,01
NO ₃ ⁻		< 0,05	5,76	0,27	-	-	-	-	-	-	0,7-2,5	0,27-0,84
K		0,53	0,67	0,60	0,66	0,55	0,94	0,64	0,53	0,61	0,54	1,69
Na		15,2	6,16	5,62	5,54	5,15	5,64	5,82	6,73	5,54	5,92	24,13
Mg		26,2	11,5	17,33	18,29	16,50	16,71	18,29	16,61	13,19	14,06	48,8
Ca		134	89,4	111,04	120,63	107,82	109,34	122,79	102,42	91,09	101,58	148,03
Fe		2,6	<2	5,6	11,1	5	181	14,2	141,7	105,2	24,2	219,6
Mn		2620	<1	0,27	0,80	0,30	14,68	1,86	63,26	9,89	11,99	1133
Cu		<5	<5	0,21	4,99	0,48	0,39	0,18	1,47	0,33	0,67	0,77
Zn		18,5	16,1	5,54	17,78	6,18	8,28	5,46	8,17	4,99	221,72	0,89
Pb		<5	<5	0,074	0,102	0,082	0,171	0,067	0,066	0,074	0,121	0,024
Ni		10,7	6,6	3,97	4,28	3,79	4,07	3,9	3,7	3,1	4,03	7,93
Co		3,2	<1	0,779	0,768	0,669	0,628	0,601	0,489	0,415	0,444	4,37
V		<5	<5	0,862	0,954	1,10	1,17	0,618	0,322	0,116	0,555	0,326
Mo		<5	<5	0,401	0,274	0,288	0,387	0,369	0,377	0,583	0,56	2,1
Cd		<0,5	<0,5	0,002	0,002	0,001	0,003	0,002	0,001	0,002	0,001	0,003
Cr		<2	<2	2,12	1,657	1,537	0,779	3,211	0,007	0,007	0,136	0,75
Ag		<5	<5	0,024	0,043	0,043	0,046	0,058	0,067	0,065	0,062	0,024
Be		<1	<1	0,010	0,017	0,017	0,035	0,017	0,022	0,006	0,013	0,001
Sb		<5	<5	0,066	0,062	0,053	0,059	0,062	0,061	0,034	0,025	-

Примечание: * – Минерализация.

Note: * – Mineralization.

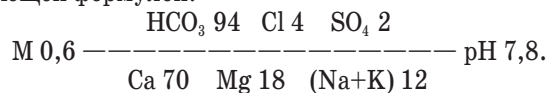
Природные ресурсы долины р. Бордянки и их использование

Природные условия района исследований обусловили наличие здесь двух видов природных ресурсов, имеющих традиционное потребительское значение в народно-хозяйственном комплексе Томской области. Во-первых, это подземные воды, выходящие на дневную поверхность в виде многочисленных родников, во-вторых, специфические органо-минеральные отложения, формирующиеся в условиях богатого грунтового питания и относящиеся к категории «агросырье».

Подземные воды данного района Томска используются в процессе функционирования и осуществления лечебно-оздоровительной деятельности Центра реабилитации «Ключи» при надлежащем контроле качества потребляемой воды. Вода непосредственно из родников широко используется населением. Потребители обычно уверены в ее целебных свойствах и качестве, хотя санитарное

состояние мест выхода родников не всегда является удовлетворительным. Наиболее популярен источник «Аннушкин ключ», из которого берут воду не только окрестные дачники, отдыхающие и коренные жители пос. Ключи, но и специально приезжающие сюда томичи. Вода с характерным привкусом железа и превышением ПДК (более чем в 10 раз) по марганцу.

Состав и свойства подземной воды палеозойского горизонта, используемой в Центре реабилитации «Ключи», детально исследовались в лаборатории Томского НИИ курортологии и физиотерапии. Данная вода квалифицирована как холодная, пресная, по составу гидрокарбонатная кальциевая со слабощелочной реакцией водной среды. Основной ионно-солевой состав воды выражается следующей формулой:



В ней присутствует кремниевая кислота, в достаточных количествах выступающая как биологически активный компонент питьевых минеральных вод. Содержание ее в большинстве исследованных проб изменяется в пределах от 23,4 до 36 мг/дм³ при бальнеологической норме 50,0 мг/дм³.

Тем не менее, этот факт заслуживает особого внимания, поскольку позволяет подчеркнуть особенность данной воды и область ее целесообразного применения. Учитывая специфическую роль бальнеологических кондиций (не менее 50 мг/дм³) метакремниевой кислоты в лечении заболеваний желудочно-кишечного тракта, мы отмечаем ее пригодность для лечения и профилактики данного рода заболеваний. Активная роль малых концентраций кремниевой кислоты в биологическом действии слабоминерализованных вод доказана экспериментально и принимается во внимание при обосновании качества природных лечебно-оздоровительных факторов в ряде санаторно-курортных учреждений на юге Западной Сибири.

В соответствии с классификацией минеральных вод по ГОСТ Р 54316–2011 вода из подземного водозабора Центра реабилитации «Ключи» может рассматриваться как природная минеральная питьевая столовая. Она обладает уникальными свойствами: снижает уровень холестерина, глюкозы в крови, оказывает защитное действие на слизистую желудка [1]. Ее также можно использовать как столовый напиток без ограничений. Концентрация растворимых органических веществ в воде менее 3 мг/дм³ по $C_{орг}$, что не превышает норм ПДК для питьевых минеральных вод.

По данным мониторинговых исследований, санитарно-бактериологическое состояние воды соответствует нормам ГОСТ Р 51232–98. Токсичные азотсодержащие компоненты (нитраты, нитриты), фтор, фенолы содержатся в допустимых количествах. В разводящие сети Центра реабилитации «Ключи» вода поступает после установки обезжелезивания.

Лечебные свойства родниковой воды в данном районе традиционно связывались с содержанием в ней серебра или с довольно типичным для холодных источников Томска присутствием радона. Наличие радона в родниковых водах издавна привлекало внимание томских ученых [5], обусловило в свое время выполнение специальной оценки запасов радоновых вод в ближайших окрестностях Томска [6], вселяло веру населения в особые свойства родниковой воды и побуждало к действиям по особой охране целебных родников как памятников природы [7, 8].

Существенно высоких концентраций серебра в исследованных нами пробах воды не обнаружено. Причем наиболее высокое содержание серебра отмечается в р. Бордянке и опробованных родниках на ее левом берегу, включая Серебряный ключ (табл. 2). Однако название этого ключа изначально связано отнюдь не с повышенным содержанием серебра, а с белесым цветом карбонатных образова-

ний, отлагающихся в месте его выхода. Тем не менее томские туристические фирмы активно рекламируют экскурсии на Серебряный ключ, позиционируя его как целебный источник с повышенным содержанием серебра.

В отношении присутствия радона-222 в бордянских родниках наши исследования показали, что в результате проведения земляных работ на правобережном склоне долины р. Бордянка выше пос. Ключи источник «Радоновый» исчез. В опробованных родниках содержание радона (табл. 2) значительно ниже бальнеологически значимой нормы для минеральных радоновых вод наружного использования (185 Бк/л), соответствует нормативам СанПиН 2.1.4.1074–1 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды» и безопасна для внутреннего потребления.

Наиболее высокие показатели удельной активности 222Rn отмечены в фонтанирующем источнике в верховьях р. Бордянки (табл. 1, 2). В системе Аннушкина ключа у Центра реабилитации «Ключи» содержание радона-222 изменяется от 2 Бк/л в родниках, бьющих в верхней части склона, до 7 Бк/л в каптированном источнике у его подножия.

Несмотря на низкий уровень содержания радона в наиболее популярных родниках по р. Бордянке, интерес к обнаружению в этом районе радоновых, а также углекислых лечебно-минеральных вод, формирующихся в глубинных слоях, по-прежнему сохраняется. В той связи здесь необходимы дополнительные исследования, включая геофизические изыскания.

Органо-минеральные отложения в долине р. Бордянке представляют северный участок Ключевского месторождения травертинов и торфяно-травертиновых смесей (рис. 4). Меньший по площади южный участок находится выше по течению р. Басандайки, примыкая к южной окраине д. Писарево. Месторождение характеризуется следующими параметрами [9]:

- длина 2000 м;
- ширина 150 м;
- толщина 3 м;
- содержание CaCO₃ 75 %;
- запасы агросырья 1000 тыс. т;
- запасы известкового материала 750 тыс. т.

При относительной невысокой средней мощности сформировавшихся здесь карбонатных отложений геоморфологические условия их залегания определяют наличие углублений минерального ложа, заполненных слоями торфа, травертина и торфяно-травертиновой смеси. Так, в пределах контура открытого тростникового болота в верховьях р. Бордянки суммарная мощность карбонатных отложений достигает 6–8 м.

Причем пласты торфа и торфяно-травертиновой смеси в общей залежи карбонатных пород имеют подчиненное значение [9], однако условия их залегания достаточно разнообразны. Они отмечаются как непосредственно с поверхности, нака-

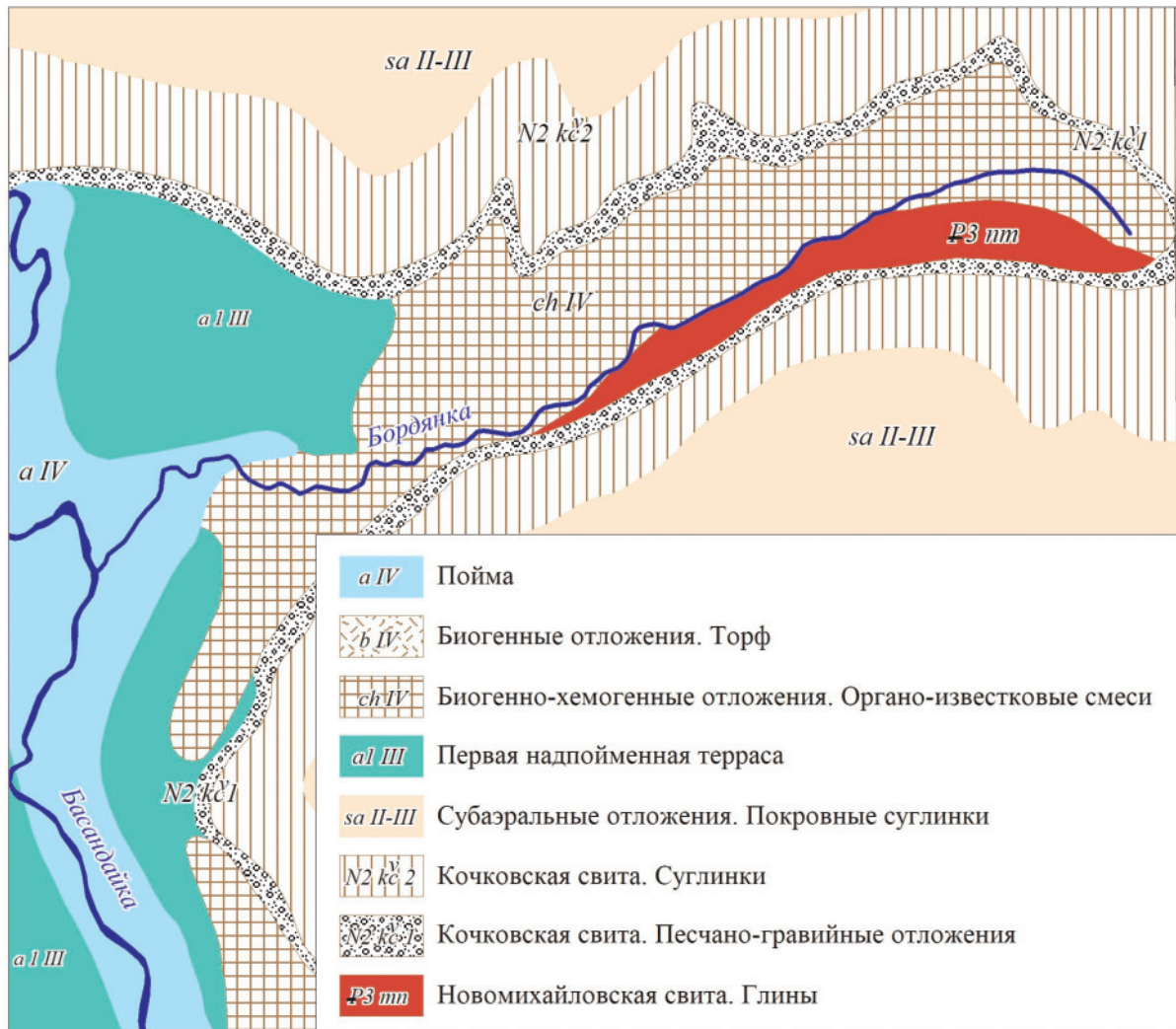


Рис. 4. Особенности геологического строения района исследований [9]

Fig. 4. Specific characteristics of geological structure of the study area [9]

пливаясь в углублениях «травертинового» ложа, так и в его основании, залегая на поверхности глинистых отложений новомихайловской свиты или надпойменно-террасового комплекса. На отдельных участках их мощность является весьма существенной. В частности, мощность насыщенного карбонатами торфяника, сформировавшегося в углублении «травертинового» ложа в пределах открытого тростникового болота в верховьях р. Бордянки, превышает 6 м.

Высокий полезный выход карбонатного материала и его качество давно определяли интерес к разработке данного месторождения. Причем сфера применения карбонатного сырья рассматривалась достаточно широко. Еще исследованиями 40-х гг. прошлого столетия отмечалось, что «писаревские» известковые туфы представляют собой материал, позволяющий при правильном обжиге давать известь высокого качества.

Условия залегания и небольшой объем вскрыши позволяют разрабатывать месторождение карьерным способом. Дренаж представляется лег-

ко осуществимым при обработке карбонатных пластов с нижних участков.

В долинах мелких речек, как в случае с долиной р. Бордянки, залежи агросырья заполняют участки расширения и углубления долин. Есть мнение [9], что выбрав торф и органо-известковые отложения, можно улучшить сток или сделать пруд на месте отработанной залежи, чтобы облагородить ландшафт. Отсюда рациональным представляется извлечение полезных запасов даже находящегося в зоне отдыха Ключевского месторождения травертинов и торфяно-травертиновых смесей. После его отработки можно создать искусственный ландшафт, привлекательный для отдыхающих [9].

Принципиальные экологические ограничения природопользования

Эксплуатация торфяных месторождений различного качества и состояния, как правило сопряженная с большими нарушениями в природной среде, в последние годы осуществляется в обстановке уве-

личения интереса к сохранению торфяников и потенциальных конфликтов между местными экономическими потребностями и природоохранными инициативами [10]. Проблема восстановления нарушенных торфяников, несмотря на как минимум столетний опыт решения, остается важной экологической проблемой во всем мире [11], особенно если речь идет о реставрации специфической флоры болот и сохранении их биоразнообразия [12].

В этой связи отработка залежей известкового агросырья Ключевского месторождения, безусловно, будет иметь определенные экологические последствия. Отсутствие сколько-нибудь положительного опыта рекультивации отработанных месторождений агросырья в Томской области вызывает опасения, что эти последствия в данном случае могут стать непоправимыми.

Положение усугубляется сложным расчлененным рельефом и высокой обводненностью участка. Особое опасение нежелательных последствий коренной трансформации ландшафта в случае извлечения ресурсов Ключевского месторождения вызывает его непосредственное соседство с крупным санаторно-оздоровительным комплексом Томска и традиционное использование данного района в целях рекреационно-оздоровительной деятельности и дачного строительства.

Участок Ключевского месторождения травертинов и торфяно-травертиновых смесей, приуроченный к долине р. Бордянки, – естественный заболоченный ландшафт, препятствующий сплошной застройке и освоению территории. Общее переувлажнение и накопление здесь известкового материала связано с разгрузкой глубинных трещинно-жильных подземных вод и водоносного горизонта песчано-гравийно-галечниковых отложений нижней подсвиты кочковской свиты, чему благоприятствует трапециевидная форма долины с плоским дном и достаточно крутыми бортами.

Правый борт долины р. Басадайки, где сформировалось Ключевское месторождение травертинов и торфяно-травертиновых смесей (рис. 3), является примером наиболее интенсивного накопления известкового материала в долинах малых рек на западном макросклоне Томь-Яйского междуречья [9]. Таким образом, долина р. Бордянки – это своего рода памятник природы, отражающий характерные черты развития региона в голоцене.

В целом хорошая сохранность территории позволяет рассматривать ее как экологический буфер для развития санаторно-курортной зоны «Ключи» и формирования здесь специализированной лечебно-оздоровительной местности с выполнением соответствующего благоустройства, включая благоустройство в зонах выхода родников. Родники обычно воспринимаются как уникальные туристические ресурсы [13, 14], которые всегда увеличивают конкурентное преимущество и привлекательность расположенных по соседству оздоровительных учреждений для разных возрастных групп отдыхающих.

Ландшафтные особенности расположения профилактических и санаторных учреждений были и остаются важным фактором успешности лечения и оздоровления. Современные проблемы здоровья, во многом обусловленные следствием негативных для природы и человека процессов урбанизации, требуют более активного взаимодействия со свежим воздухом и повышают терапевтическую ценность природного ландшафта [15] и зеленых насаждений в зонах отдыха [16].

Центр реабилитации «Ключи» является достаточно популярным в Сибири учреждением санаторно-курортного типа во многом именно благодаря удобному транспортно-географическому расположению, ландшафтным достоинствам собственной территории и необычайной красоте окрестных пейзажей. Дальнейшее уплотнение застройки в его ближайшем окружении приведет к превращению его в типичное оздоровительное учреждение урбанизированных зон с ограниченными возможностями отдыхающих в общении с природой, где контакт с природой осуществляется, как правило, косвенно посредством просмотра пейзажей через окно, что является уделом общения с природой жителей современных европейских городов [17].

Долина р. Бордянки – это уникальный природный комплекс, заслуживающий особой охраны на областном уровне. Данная местность с символическим названием «Ключи» очень живописна. В рельефе преобладают склоновые поверхности с выходами многочисленных родников и разнообразной растительностью: лугово-степной, лесо-луговой, таежной, болотной. Здесь зарегистрировано около 250 видов высших сосудистых растений, из которых 23 вида относятся к категории редких и исчезающих. По разнообразию местообитаний, флористическому богатству и насыщенности редкими видами рассматриваемая территория является уникальной в ботанико-географическом отношении не только для Томска, но для области в целом [18].

Таким образом, сказанное выше свидетельствует в пользу сохранения естественного ландшафта и традиционного природопользования в окрестностях пос. Ключи в южном пригороде г. Томска, ограничения застройки и дальнейшей трансформации территории, реализации ее научного и информационно-познавательного потенциала, поддержания и развития путем специального благоустройства и организационных мер ее рекреационных и оздоровительных функций.

Практика показывает [19], что изменения в использовании экосистем, наряду с гидрологическими изменениями и урбанизацией водосбора, являются основными причинами трансформации водно-болотных угодий в городской среде. Однако, несмотря на принципиальную сложность управления водно-болотными угодьями в селитебных зонах, наиболее ценные по каким-либо причинам водно-болотные угодья становятся объектами комплексной территориальной охраны природы и не

только в сибирских городах, как например в Омске, но и в крупных европейских столицах [20]. В этой связи Томск, обладающий уникальным потенциалом своих водно-болотных угодий, также нуждается в обеспечении охраны и рационального использования наиболее ценных из них, особенно находящихся в условиях антропогенного прессинга при сохранении традиционных потребительских и хозяйственных функций [8].

Заключение

1. Склон водораздельной равнины между р. Басандайкой и автодорогой Томск–Богашево – живописная пересеченная местность, имеющая особое природоохранное, научное, эстетическое и рекреационно-оздоровительное значение.
2. В углублениях многочисленных логов и долин притоков р. Басандайки формируются современные болотные отложения, в местах разгрузки подземных вод, обозначенных многочисленными родниками, отлагаются травертины.
3. Примером интенсивного накопления высокоизвестковистых торфов и травертинов является долина р. Бордянки – притока р. Басандайки у Центра реабилитации «Ключи».
4. Река формируется за счет выхода большого количества ключей у подножия коренного склона и является важным функциональным элементом местного ландшафта.
5. Долина реки Бордянки – уникальный ландшафтный, структурно-тектонический и гидрогеохимический памятник мозаичного сочетания восходящей локально-очаговой (Серебряный ключ), локально-точечной (Аннушкин

родник) и линейной (вдоль обнажения верхнего водоносного горизонта в верховьях реки) разгрузки глубинных подземных вод, сопровождающейся повсеместным травертинообразованием.

6. Процесс формирования торфяно-известковых отложений в долине р. Бордянки имеет большой научно-прикладной и информационно-познавательный интерес.
7. Возможность обнаружения здесь радоновых и углекислых лечебно-минеральных вод существенно повышает бальнеологическую и туристско-рекреационную привлекательность данного района.
8. Многолетние наблюдения за химическим составом воды родников подтверждают хорошую сохранность ее природного качества, однако современная интенсивная урбанизация территории в окрестностях Центра реабилитации «Ключи» вызывает опасения.
9. Природный комплекс долины реки Бордянки заслуживает особого внимания и охраны на региональном уровне.
10. В контексте рекреационного благоустройства и планирования территории в первую очередь необходимо обустроить все ключи, используемые населением, проложить к ним удобные тропиновые пути и разработать маршрут кольцевого лечебно-оздоровительного терренкура с выходом на территорию Центра реабилитации «Ключи».

Исследования проводились при поддержке Программы повышения конкурентоспособности Томского госуниверситета.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ключи: Центр реабилитации. URL: <http://kluchi.tom.ru/about> (дата обращения: 03.03.2017).
2. 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.
3. Лепокурова О.Е. Геохимия подземных вод севера Алтае-Саянского горного обрамления, формирующих травертины: дис... канд. геол.-минерал. наук. – Томск, 2005. – 151 с.
4. 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.
5. Орлова М.П. Некоторые известковые и радиоактивные источники окрестностей г. Томска // Известия Томского государственного университета. – 1925. – Т. 76. – С. 353–365.
6. 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: Томская комплексная экспедиция, 1957. – 90 с.
7. 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.
8. Исследование и охрана радоновых источников в окрестностях г. Томска / Н.М. Семенова, А.Д. Назаров, Н.Г. Сидорина, П.П. Тишин // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327. – № 7. – С. 22–34.
9. Макаров Г.Я., Ковалева Л.А. Оценка перспектив и прогнозных запасов пресноводного известковистого сырья в зоне интенсивного сельскохозяйственного освоения Томской области. – Томск: Томская геологоразведочная экспедиция, 1990. – 209 с.
10. Peat extraction, conservation and the rural economy in Northern Ireland / M. Cruickshank, R. Tomlinson, D. Bond, P. Devine, C. Edwards // Applied Geography. – 1995. – V. 15. – Iss. 4. – P. 365–383.
11. Parry L.E., Holden J., Chapman P.J. Restoration of blanket peatlands // Journal of Environmental Management. – 2014. – V. 133. – P. 193–205.
12. Woziwoda B., Kopec D. Afforestation or natural succession? Looking for the best way to manage abandoned cut-over peatlands for biodiversity conservation // Ecological Engineering. – 2014. – V. 63. – P. 143–152.

13. Chen K.-H., Liu H.-H., Chang F.-H. Essential customer service factors and the segmentation of older visitors within wellness tourism based on hot springs hotels // *International Journal of Hospitality Management*. – 2013. – V. 35. – P. 122–132.
14. Пойда-Носик Н.Н., Грабар М.В. Туристично-рекреаційна спеціалізація регіону // *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Економіка»*. – 2015. – Випуск 2 (46). – С. 149–153.
15. Grose M.J. Landscape and children's health: Old natures and new challenges for the preventorium // *Health & Place*. – 2011. – V. 17. – Iss. 1. – P. 94–102.
16. Dzhambov A.M., Dimitrova D.D. Elderly visitors of an urban park, health anxiety and individual awareness of nature experiences // *Urban Forestry & Urban Greening*. – 2014. – V. 13. – Iss. 4. – P. 806–813.
17. The rarity of direct experiences of nature in an urban population / D.T.C. Cox, H.L. Hudson, D.F. Shanahan, R.A. Fuller, K.J. Gaston // *Landscape and Urban Planning*. – 2017. – V. 160. – P. 79–84.
18. 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.
19. The eco-social transformation of urban wetlands: a case study of Colombo, Sri Lanka / M. Hettiarachchi, T.H. Morrison, D. Wickramasinghe, R. Mapa, De Alwis Ajith, C.A. McAlpine // *Landscape and Urban Planning*. – 2014. – V. 132. – P. 55–68.
20. Arguments for Integrative Management of Protected Areas in the Cities – Case Study in Bucharest City / G. Manea, E. Matei, I. Vişulie, L. Tirlă, R. Cuculici, O. Cocos, A. Tişcovschi // *Procedia Environmental Sciences*. – 2016. – V. 32. – P. 80–96.

Поступила 18.08.2017 г.

Информация об авторах

Семенова Н.М., кандидат географических наук, доцент кафедры природопользования 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.

Лойко С.В., кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории биогеохимических и дистанционных методов мониторинга окружающей среды Томского государственного 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» Томского государственного университета.

UDK 502.51 (571.16)

STATUS AND PROSPECTS OF USING THE HEALTH IMPROVEMENT AREA «KLYUCHI» (TOMSK REGION)

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

Alexander D. Nazarov²,
nazarov@tpu.ru

Sergey V. Loyko¹,
s.loyko@yandex.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

Since its foundation the city of Tomsk conquered its contiguous territories defining their functional purpose and prospects of use. When required such former suburban territories were attached to extend the city's boundaries.

In XIX century in the woodlands around Tomsk, especially in the western and southern periphery, a great number of summerhouses sprung up. The contemporary development of Tomsk touched upon traditional leisure areas of people of Tomsk including free and organized recreational activities and caused a whole set of social and environmental issues. The greatest impact is expected to be seen in the areas of high concentration and extensive use of recreational and health-related resources that are subject to influence of fierce competition between conventional small-scale cultivation and land use and exclusive villa development. An example could be a territory on the outskirts of the old health center of Tomsk located in the recreation and summerhouses area near the village «Klyuchi».

Due to the intensive development of neighboring territories the health and recreation center is losing its connection with the environment. There is the issues relating to preservation of natural waters of well springs and the unique reed swamp that is key to the local environmental skeleton frame and the main obstacle to full development of the area.

The main aim of study is to analyze the conditions, traditions and opportunities of using health and recreation natural resources of the outskirts of Tomsk and to carry out the full-scale geoecological assessment of the unique swamp area on the outskirts of the village «Klyuchi».

The methods used in the study: drawing on geographical data and normative documentation that define status of development and environment in the village «Klyuchi»; landscape and geobotanical surveys; probing of organic and mineral deposits in the valley of the river Bordyanka; mapping and sampling of springs along the river Bordyanka; physicochemical and radiological observations of spring waters.

The results. The authors have defined the features of natural resources of the Bordyanka river valley and prospects of their use. The paper introduces the results of analysis of traditionally used spring waters. The unique environmental character of the territory was validated. The authors considered the opportunities of establishing health and recreation territory at the rehabilitation center «Klyuchi» on the southern outskirts of Tomsk.

Key words:

Springs, travertine, wetlands, natural mineral water, radon waters, specially protected areas, health-improving areas, village «Klyuchi», Tomsk city.

Research and investigations were supported by «The Tomsk State University competitiveness improvement programme».

REFERENCES

1. *Klyuchi: Tsentr reabilitatsii* [Klyuchi: Rehabilitation Center]. Available at: <http://kluchi.tom.ru/about> (accessed: 03.03.2017).
2. Karandashev V.K., Orlova T.A., Lezhnev A.E. *Opredelenie elementnogo sostava prirodnykh i pitevykh vod metodom ICP-MS. Metodika kolichestvennogo khimicheskogo analiza* [Determination of the elemental composition of natural and drinking water by ICP-MS. Methods of quantitative chemical analysis]. Moscow, 2006. 40 p.
3. Lepokurova O.E. *Geokhimiya podzemnykh vod severa Altae-Sayanskogo gornogo obramleniya, formiruyushchikh travertiny*. Dis. Kand. nauk. [Geochemistry of underground waters of the Altai-Sayan mountain range forming travertine. Cand. Diss.]. Tomsk, 2005. 151 p.

4. Parnachev V.P., Arkhipov A.L. O nekotorykh geokhimicheskikh osobennostyakh podzemnykh rodnikovykh 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 developed territories. Proceedings of a pan-Russian conference]. Tomsk, Tomsk State University of Architecture and Building Publ., 2015. pp. 49–51.
5. Orlova M.P. Nekotorye izvestkovye i radioaktivnye istochniki okrestnostey g. Tomsk [Certain calcareous and radioactive springs on the outskirts of Tomsk]. *Tomsk State University Journal*, 1925, vol. 76, pp. 353–365.
6. Nudner B.A., Smolentsov Yu.K. *Geologiya i mineralnye vody doliny reki Ushayki. Otchet o rabotakh partii no. 73, provedennykh v 1953–1956 na mestorozhdenii mineralnykh vod doliny reki Ushayki* [Geology and mineral waters of the valley of the Ushaika river. Field work report of crew no. 73 in 1953–1956 on the mineral water field of the valley of the Ushaika river]. Tomsk, 1957. Vol. 1, 90 p.
7. 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 development of «Environmental protection» sections of project TEOs]. Tomsk, Research Institute of Biology and Biophysics Publ., 1985. 39 p.
8. Semenova N.M., Nazarov A.D., Sidorina N.G., Tishin P.A. Study and protection of radon springs on the neighbor of Tomsk. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2016, vol. 327, no. 7, pp. 22–34. In Rus.
9. Makarov G.Ya., Kovaleva L.A. *Otsenka perspektiv i prognoznnykh zapasov presnovodnogo izvestkovistogo syrya v zone intensivnogo selskokhozyaystvennogo osvoeniya Tomskoy oblasti* [Estimation of prospects and predicted reserves of freshwater calcareous raw materials in the zone of intensive agricultural development of the Tomsk region]. Tomsk, Tomskaya geologorazvedochnaya ekspeditsiya Publ., 1980. 209 p.
10. Cruickshank M., Tomlinson R., Bond D., Devine P., Edwards C. Peat extraction, conservation and the rural economy in Northern Ireland. *Applied Geography*, 1995, vol. 15, Iss. 4, pp. 365–383.
11. Parry L.E., Holden J., Chapman P.J. Restoration of blanket peatlands. *Journal of Environmental Management*, 2014, vol. 133, pp. 193–205.
12. Woziwoda B., Kopeć D. Afforestation or natural succession? Looking for the best way to manage abandoned cut-over peatlands for biodiversity conservation. *Ecological Engineering*, 2014, vol. 63, pp. 143–152.
13. Chen K.-H., Liu H.-H., Chang F.-H. Essential customer service factors and the segmentation of older visitors within wellness tourism based on hot springs hotels. *International Journal of Hospitality Management*, 2013, vol. 35, pp. 122–132.
14. Poyda-Nosik N.N., Grabar M.V. Turistichno-rekreatsiyna spetsializatsiya regionu [Tourist and recreational specialization of the region]. *Scientific Bulletin of Uzhhorod University. Series «Economics»*, 2015, Iss. 2 (46), pp. 149–153. In Ukraine.
15. Grose M.J. Landscape and children's health: Old natures and new challenges for the preventorium. *Health & Place*, 2011, vol. 17, Iss. 1, pp. 94–102.
16. Dzhambov A.M., Dimitrova D.D. Elderly visitors of an urban park, health anxiety and individual awareness of nature experiences. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2014, vol. 13, Iss. 4, pp. 806–813.
17. Cox D.T.C., Hudson H.L., Shanahan D.F., Fuller R.A., Gaston K.J. The rarity of direct experiences of nature in an urban population. *Landscape and Urban Planning*, 2017, vol. 160, pp. 79–84.
18. 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. *Problemy regionalnoy ekologii – Regional Environmental Issues*, 2015, no. 6, pp. 49–54. In Rus.
19. Hettiarachchi M., Morrison T.H., Wickramasinghe D., Mapa R., De Alwis Ajith, McAlpine C.A. The eco-social transformation of urban wetlands: A case study of Colombo, Sri Lanka. *Landscape and Urban Planning*, 2014, vol. 132, pp. 55–68.
20. 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.

Received: 18 August 2017.

Information about the authors

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

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

Sergey V. Loyko, Cand. Sc., senior researcher, Tomsk State University.

Natalya G. Sidorina, head of the Laboratory, Tomsk Research Institute of health resorts and physiotherapy.

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