

Министерство природных ресурсов и экологии  
Российской Федерации

# ТРУДЫ

КРОНОЦКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ПРИРОДНОГО БИОСФЕРНОГО  
ЗАПОВЕДНИКА

*Выпуск 3*



Воронеж  
2014

УДК 502.4  
ББК 28.088л6  
Т65

**Труды Кроноцкого государственного природного био-  
Т78 сферного заповедника. Выпуск 3** / отв. ред. А. П. Никаноров. —  
Воронеж: ООО «СТП», 2014. — 224 с.

ISBN 978-5-9905637-1-1

В сборник включены результаты исследований научных сотрудников заповедника и научно-исследовательских учреждений по различным направлениям. Освещены вопросы современного состояния заповедной территории, архивные сведения и результаты многолетних исследований.

Сборник рассчитан на широкий круг специалистов, работающих в области охраны окружающей среды, экологии и рационального использования природных ресурсов, а также на преподавателей, студентов, школьников и любителей природы.

**УДК 502.4  
ББК 28.088л6**

Утверждено к печати Научно-техническим советом  
ФГБУ «Кроноцкий государственный заповедник»

**ISBN 978-5-9905637-1-1**

© Коллектив авторов, 2013  
© ФГБУ «Кроноцкий государственный  
заповедник», 2013

---

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Введение</b> .....	5
<b>Аверина Г. Ю., Аверина Т. Ю. Татьяна Ивановна Устинова</b> .....	7

### **Климатические и гляциологические исследования природных комплексов ООПТ**

<i>Голуб Н. В.</i> Ледник Корыто (исток реки Б. Чажма, Кроноцкий полуостров) .....	17
<i>Сергеев Д. Е., Замятина М. Ю., Степаненко В. М.</i> Особенности термического режима озера Кроноцкое (Кроноцкий заповедник) .....	29
<i>Варенцов М. И., Степаненко В. М.</i> Оценка ветроэнергетического потенциала восточного побережья Камчатки .....	41

### **Изучение биоразнообразия природных комплексов ООПТ**

<i>Есин Е. В.</i> Карликовая ручьевая мальма <i>Salvelinus Malma</i> W. (salmonidae) из термальной реки юго-западной оконечности Камчатки .....	51
<i>Казанский Ф. В., Никаноров А. П.</i> Дополнение к списку видов птиц Долины гейзеров (Кроноцкий заповедник) .....	65
<i>Кириллов П. И., Кириллова Е. А., Бодянчук А. А., Звездин А. О.</i> Некоторые сведения о биологии и морфологии трёхиглой колюшки <i>Gasterosteus aculeatus</i> в связи со вспышкой её численности в Курильском озере (Южно-Камчатский заказник) .....	77
<i>Лобкова Л. Е., Семенов В. Б.</i> Стафилиниды (Coleoptera, Staphylinidae) Кроноцкого заповедника и сопредельных территорий Камчатки. Дополнение I .....	85
<i>Лобкова Л. Е., Свиридов А. В.</i> Бабочки <i>Macrolepidoptera</i> из Кроноцкого заповедника, новые для Камчатского края .....	93
<i>Нешатаева В. Ю., Пестеров А. О., Пестерова О. А.</i> Растительность термальных полей кальдеры	

.....	
вулкана Большой Семячик (Кроноцкий заповедник) .....	109
<i>Нешатаева В. Ю., Гимельбрант Д. Е., Кузьмина Е. Ю.</i>	
Многолетняя динамика растительных сообществ пихтовой рощи .....	120
<i>Овчаренко М. С., Нешатаева В. Ю., Пестеров А. О., Гимельбрант Д. Е.</i>	
Мониторинг растительного покрова на геоботаническом профиле «Кроноцкое озеро – Кроноцкий аэродром» (Кроноцкий заповедник, Камчатка) .....	132
<b>Геофизические и геохимические исследования Узон-Гейзерного района</b>	
<i>Белоусов А. Б., Белоусова М. Г.</i>	
Как устроены гейзеры и почему их много в Долине гейзеров.....	142
<i>Карданова О. Ф., Карпов Г. А.</i>	
Некоторые особенности осаждения глиноземистых осадков на термальных полях района ручья Кислого (Кихпиньчский долгоживущий вулканический центр, Кроноцкий заповедник, Камчатка) .....	152
<i>Карпов Г. А., Мороз Ю. Ф., Николаева А. Г.</i>	
Геохимия гидротерм и глубинное строение кальдеры Узон (Кроноцкий заповедник) .....	163
<i>Кугаенко Ю. А., Салтыков В. А.</i>	
Исследования гейзерного режима по сейсмическим данным широкого диапазона частот .....	181
<b>Проблемы рекреационного природопользования</b>	
<i>Завадская А. В., Яблоков В. М.</i>	
Эколого-географические основы рекреационного использования термальных экосистем (на примере долины р. Гейзерной, Кроноцкий заповедник).....	190
<b>Дистанционные методы в изучении природных комплексов</b>	
<b>Долины гейзеров</b>	
<i>Аникушкин М. Н., Леонов А. В.</i>	
Результаты спутниковой геодезической съёмки в Долине гейзеров в 2009 году .....	208
<i>Леонов А. В.</i>	
О результатах проекта «Виртуальная Долина гейзеров» .....	216

---

## ВВЕДЕНИЕ

Содержание второго выпуска «Трудов Кроноцкого заповедника», который был издан в 2012 году, предваряет биография Юрия Викторовича Аверина, написанная его дочерьми. Так уж органично получилось, что третий выпуск «Трудов» посвящён 100-летию со дня рождения его супруги, Татьяны Ивановны Устиновой. Она известна, главным образом, как первооткрывательница (вместе со старшим наблюдателем заповедника, Анисифором Павловичем Крупениным) сначала гейзера в каньоне реки Шумной, а затем и целого гейзерного района, который мы сейчас называем Долиной гейзеров.

На Камчатку Татьяна Ивановна приехала уже сложившимся специалистом, плодотворно до этого поработав два года в Ильменском заповеднике: настоящей кузнице кадров советских геологов. Тогда территория заповедника, как пишет Ю. В. Аверин, «даже в географическом отношении была „белым пятном“». В декабре 1940 года охотовед заповедника В. Т. Гаврилов обнаружил к северу от вулкана Гамчен целую цепь из 6 вулканов, в том числе один активный (ныне вулкан Комарова). Эту вулканическую цепь затем трижды посещала Устинова. В результате она вместе с Ю. В. Авериным совершила первовосхождение на вершину вулкана Гамчен (2 577 м над ур. м.). Там исследователи обнаружили обширный Гамченский ледник и выявили, что южный конус вулкана является действующим в фумарольной стадии. Т. И. Устинова была первым после С. П. Крашенинникова исследователем, описавшим Верхне-Семячкские источники и фумаролы вулкана Бурлящего. Ей же принадлежит первое подробное описание вулкана Кихпинич. Одним из значительных достижений сотрудников заповедника при активном участии Т. И. Устиновой стало специальное посещение и обследование труднодоступного горного узла в центре Кроноцкого полуострова, где было выявлено более 10 крупных и масса мелких ледников, в совокупности крупнейших на полуострове.

Т. И. Устинова прожила долгую, временами очень нелегкую, но достойную жизнь. Она всегда с любовью вспоминала Камчатку и живо интересовалась новостями из Кроноцкого заповедника. Ю. В. Аверин и Т. И. Устинова, безусловно, навсегда вписали свои яркие страницы в историю исследований Камчатки и являются прекрасным образцом для подражания.



*Татяна Ивановна Устинова (1913–2009)*

---

## ТАТЬЯНА ИВАНОВНА УСТИНОВА

*Галина Юрьевна Аверина, Татьяна Юрьевна Аверина*

Возможно, вопрос о том, как Татьяна Ивановна Устинова оказалась на Камчатке, возникал и возникает у многих. В наше время ответ на него показался бы более простым и понятным: ну, села на самолёт в Москве, 9 часов лёту – и ты в Петропавловске. (А оттуда до Долины гейзеров на вертолёте и вообще рукой подать.) И мы уже к этому привыкли. Но давайте вернемся во времени на несколько шагов назад. Немного, всего на 70 с небольшим лет – в 1940 год.

...Поезд шёл до Владивостока 10 дней, потом морем до Петропавловска около недели, а потом опять морем до места, уже относительно недолго. Но для того, чтобы проделать весь этот долгий путь (плюс еще остановки на каждой пересадке), должна была быть какая-то причина. Ведь и она, и ее муж – Юрий Викторович Аверин – оба уже 2 года работали на Урале в Ильменском заповеднике, куда он, к тому времени кандидат биологических наук, был приглашен заведовать отделом биологии, и где она весьма успешно стала заниматься геохимией. Причиной же послужило то, что оба хотели интересной работы, а для Аверина ее в Миассе не было. Интересно было в Кавказском заповеднике, где он работал до Урала, но на Кавказе вообще не нашлось работы для Устиновой. А тут будет работа обоим: и биология, и геология территории Кроноцкого заповедника, организованного всего 6 лет назад, не была изучена. Более 1 000 000\* гектаров неизученных земель! Да что там говорить, неизученных! Как вспоминает Татьяна Ивановна (далее – Т. И.): *«Карты Камчатки, которая могла бы ориентировать в путешествии по полуострову, в то время не было. Нам один знакомый еще по Москве пограничник подарил в Петропавловске карту, конечно, совершенно секретную, которую украл на работе. Это была мелко-масштабная карта, на ней были правильно нанесены очертания полуострова, берега, то, что нужно для навигации, показаны устья впадающих в океан рек и нанесены тригонометрически определенные вершины самых высоких вулканов*

---

\* Менее 800 000 га.

с указанием их высоты. Вулканы были нанесены во время работы экспедиции Рябушинского в 1908–1909 гг. Все остальное было изображено „предположительно“, в виде изящного кружева, покрывавшего территорию полуострова между вершинами и уровнем океана. Немного ситуации вокруг Петропавловска, Елизова, Ключей и данные геолого-разведочных экспедиций, крошечные разбросанные пятнышки, и всё. Меня обязали сделать глазмерную карту заповедника, что я и сделала, но только она не понадобилась, т. к. после войны Камчатка была покрыта топографической съемкой в масштабе 1 : 200 000 (в 1 см – 2 км)». Однако нам хотелось бы подчеркнуть, что «сравнив свою глазмерку с картой, я убедилась, что моя съемка была неплохой. Места были совершенно неизвестные, нехоженые, так что это было непросто. Но оказалось не нужным».

Когда после долгого пути молодые научные работники прибыли на место, то их «поселили в еще не совсем законченном доме, где сквозь пол росла трава, а в плохо законопаченные стены проглядывало небо. Очень экзотично! Нам понравилось. В доме, где мы поселились, вдоль стен сделали полки, и мы расставили привезенные книги. Отгородили угол в доме и там поселились. В дальнейшем дом привезен в жилой вид, сделали завалинку и засыпали её землей, законопатили дыры в стенах, сделали нам там комнатку, вроде железнодорожного купе. Этот дом был и нашим рабочим местом». Этот дом стоял в прежнем виде в 1979 году, когда Т. И. пригласили прилететь из Кишинёва для участия в съемках документального фильма «Там, где зимует весна». И снаружи, на прежнем месте, висела растянутая для просушки как-будто та же собачья шкура! Мы видели фотографию, сделанную в момент прилета вертолёта в Кроноки, и смятение на её лице вполне объяснимо – вид их дома был идентичен тому, который мы знали по снимкам начала 1940-х годов. Каково было попасть назад во времени на 35 лет!

За годы работы на Камчатке Т. И. почти полностью исписала 5 общих тетрадей в плотной обложке. Так начинается дневник № 1:

*«12.VII.40. Переезд на дрейфтере „Ударник“ из Семячика на главную усадьбу з-ка. Туман. Видимость плохая. Склоны, спускающиеся к морю, покрыты пышной, ярко-зеленой растительностью. За время с 7 по 12.VII.40 снег, покрывающий хребты, заметно стаял».*

Эта запись дает нам возможность предположить, что на место они прибыли 7 июля 1940 года. И стали устраиваться на месте и готовиться к работе.

*«В посёлке был магазин и чего только там не было! По дальневосточным порядкам раз в год во все поселения заходил пароход-снабженец и заполнял поселковый магазин. Купить можно было, что угодно для души, но у нас не было денег, и директор посветовал нам не торопиться: зарплату девать некуда, постепенно купите всё, что вам понравится и захочется. Для начала закупили все, что необходимо для полевой работы, казенного ничего не было. Сшили палатки, спальные мешки, купили нужную одежду и обувь. И в первый же год ушли в длительный поход на вулкан Узон, о котором слышали еще в Москве». И добрались до Узона 4 сентября 1940 года во время своей первой экспедиции.*



Спальные мешки – кукули – сшили двух типов: летние и зимние. Летние были сшиты из овчины, зимние – из шкур снежного барана. Шерсть у снежных баранов была очень густой, не приминалась под телом, и в этих мешках можно было спать даже на снегу зимой, но летом в них было жарко. К каждому мешку полагался чехол снаружи и вкладыш внутри. Уезжая с Камчатки, родители забрали с собой палатку и летние мешки, в которых спали в холодное время во время экспедиций в Крыму и Молдавии. Да и палатку мы обе хорошо помним: мама постоянно брала нас в экспедиции (сначала старшую дочь, потом младшую), и мы жили с ней в этой палатке. Хорошо запомнилась большая латка на правильном круглом отверстии на одной поле на входе: так было заделано отверстие, в которое на Камчатке выходила труба печки, которую во время зимних экспедиций ставили внутри палатки.

В планы родителей входило *«поработать в заповеднике года 2-3 и вернуться „на материк“, как говорят на Камчатке, хотя полуостров Камчатка часть материка. Но тут в 1941 г. началась война, выезд с Камчатки был запрещен, правда, мало кто и рвался. Все время мы ждали войну с Японией. Когда мы ехали на Камчатку, нам говорили: „Что вы делаете? Куда вы едете? Прямо черту в зубы!“ А оказалось, что нас как раз война и не коснулась. Всё время ждали нападения Японии, подвезти на Камчатку защитников вдоль японских Курильских островов было бы невозможно, самолёты на Дальний Восток тогда не летали. Смену на погранпост всю войну не присылали.*

*Война Камчатку все же не минула, но закончилась в одну ночь. Подробностей я уже не помню, о них не очень говорили... Но мы единственные из наших семей не испытали воздушных налетов, не слышали стрельбы, не видели убитых и раненых, никуда не эвакуировались, не голодали вопреки всем предсказаниям, сопрождавшим нас при отъезде на Камчатку.*

*В Кроноцком поселке всем велели на ночь завешивать плотно окна, чтоб света не было видно с океана. Бывало мне вечером стучал в окно часовой, ходивший вдоль берега: „Татьяна Ивановна, опять у вас свет пробивается. Я же по инструкции обязан стрелять в такое окно без предупреждения, т. к. это сигнал врагам“».*

Прошло менее года, и во время очередной экспедиции, незадолго до начала войны, Т. И. открыла гейзеры, но об этом речь пойдет ниже, поскольку не хочется прерывать рассказ о жизни в заповеднике, а для рассказа об открытии потребуется довольно много места.

*«С началом войны меня уволили из заповедника, Юра остался директором, т. к. директор ещё до начала войны уехал в командировку в Москву и не вернулся. Поездок по территории больше не было, работы для меня тоже, и мы решили, раз так, завести ребенка. Рожать я уехала на катере в ближайший (100 км) посёлок Семячик возле Жупановского рыбхоза. Но тамошние врачи мне не показались, а мне уже было 30 лет, и я решила ехать в Петропавловск.*

*...Пока я жила в Петропавловске с новорожденной дочкой\*, я успела пройти в метеослужбе, предъявив там свои документы, практику по работе на метео-*

---

\* Татьяной, которая родилась 28 августа 1943 года.

станции. С моим образованием меня охотно туда взяли и направили потом на работу в Кроноки на метеостанцию, заведующий которой давно просил себе в помощь второго наблюдателя. На метеостанции я проработала два года, до тех пор, пока меня опять смогли взять после войны на работу в заповедник. Метеостанция в то время была в ведении Тихоокеанского военного флота, так что у меня в трудовой книжке за эти годы была запись: вольнонаёмный работник Тихоокеанского военного флота.

Так как была война, дежурный на метеостанции, кроме обычных наблюдений 4 раза в сутки, ещё делал краткие наблюдения – температура воздуха, ветер, облачность – каждый час по запросу воздушного флота. Все эти телеграммы передавались по радио. Таскать ежечасовые телеграммы было утомительно. Наблюдение надо было сделать на приборах, записать в журнал, как это принято в метеослужбе, потом эту запись зашифровать по соответствующей инструкции военного времени и отнести на радиостанцию. Это занимало еже часно не менее 20 минут. Таскаешь, таскаешь эти телеграммы, а сволочь радист говорит – чего вы их носите? Их сегодня уже давно отменили. А он нам ничего не сказал, пусть себе потаскают. Зато мы получали хороший военный паёк на метеостанции, которого радист почему-то не получал.

...С началом войны наше обильное снабжение закончилось. Из магазина забрали все богатые запасы, оставили лишь столько, сколько поселковому населению полагалось получить по карточкам. Продовольственные карточки по всей стране были введены уже давно, но до Дальнего Востока дошли только с войной. Это, вообще говоря, был мизер, но мы хотя бы получали всё, что по карточкам нам полагалось, тогда как на материке многое так и оставалось в виде нереализованных талонов. Нам продукты выдавались в магазине раз в месяц в соответствии с нормами. У Юры как кандидата наук была несколько повышенная норма, так что нашей нормы сахара по карточкам плюс то, что я получала в военном пайке, нашей дочке вполне хватало. Обычная её еда – молочная манная каша с тюленьим жиром (она не подозревала, что он отвратительно пахнет), обильно сдобренная сахаром. Иногда, расшалившись, она прыскала нам этой кашей в лицо – страшное воспоминание. Впрочем, тюленьим жиром мы все пользовались и готовили на нём, только на плитах вне дома, не зимой, т. к. запах жареного тюленьего жира с жильём несовместим. Жили мы, несмотря на карточную систему, вполне обеспеченные едой. Мало кто мог этим похвастаться в то время. У всех были огороды. На Камчатке хорошо растут все корнеплоды и капуста. Картошки у всех было вдвойне, так же, как солёной рыбы. Кроме того, круглогодично ловили гольца, пресноводную рыбу, а во время хода лосося и икры ели, сколько хотели. К сожалению, заготовить икру на зиму никто в посёлке не умел, это хитрое дело. В посёлке были две казенные коровы и бык, коровы хорошо доились, но почему-то приносили только бычков. Бычков резали и съедали, когда они дорастали до года, как раз к сенокосу. Кроме того, разрешалось убивать одного жирного осеннего оленя, а также

медведей, одного или двух, не помню. В охотниках недостатка не было. С едой был порядок, а вот с обувью, одеждой стало туго, но обходились тем, что было.

...Все сотрудники заповедника солили себе рыбу на зиму в количестве, зависящем от величины семьи. Мы заготавливали себе 50 кг, полуцентнеровую бочку. Более многосемейные – центнер, два. И, конечно, вволю ели эту рыбу, а также икру. Интересно, что эта икра сильно фосфоресцировала. Если ночью открыть крышку кастрюли, в которой хранилась икра, из неё вырывался столб света. Я в своей кладовке, пристроенной к дому, вечером находила нужное, присвечивая себе стеклянной банкой с икрой как фонариком.

...В океане, в районе нашей бухты, за полосой, примыкавшей к суше и относящейся к СССР, японцы ловили рыбу, рыболовные суда выплывали на весь сезон, и специальные пароходы ходили собирали у них улов и отвозили в Японию. Многие суденышки были небольшие, во время штормов или гибли, или с них смывало всё их имущество, которое потом течением сносилось к нам в бухту. Доски ящиков шли на хозяйственные постройки, циновки тоже находили применение в хозяйстве, а некоторые, очень художественно сделанные, украшали жилища. Выбрасывало также фрукты, овощи – апельсины, бананы, лук. Но всё, кроме лука, пробыв долго в соленой океанской воде, приходило в негодность. Лук, если обчистить наружные листочки, был внутри совсем свежий, даже живой, будучи посаженным, рос, а уж для еды и вполне годился. Пограничникам есть его не разрешали, т. к., боясь всего на свете, считали, что японцы подбрасывают нам его отравленным, хотя мы с ними тогда не воевали, но чего от них, и вообще от кого-нибудь, ждать хорошего? Нас в посёлке хотя тоже предупреждали пограничники, но они нам не начальство, и, конечно, все этот лук ели почём зря, угощали приходивших в гости солдат и даже их офицера, который в посёлке позволял себе то, чего не мог позволить дома; конечно, он, как и мы все, тоже не верил ни в какую отраву, но приказ есть приказ».

Однако кульминационной точкой нашего рассказа остается само открытие, сделанное 14 апреля 1941 года. Описание события в полевом дневнике № 2 начинается так: «17.04.41. Обстоятельства сложились так, что только сегодня удастся записать события последних 4-х дней. По порядку...» – и далее этому отведено 8 страниц. Теперь, наверное, всем уже известно, что открытие это не было случайным. Кроме того, Т. И. неоднократно рассказывала и описывала на бумаге в деталях, как всё произошло. Но все же надо привести здесь ее краткое резюме:

«В 1940 году работники Кроноцкого заповедника Ю. В. Аверин, зоолог, и я, Т. И. Устинова, геолог, прибыв на Камчатку, первым делом посетили кальдеру вулкана Узон, о котором слышали ещё в Москве. Множество горячих источников Узона, сливаясь, впадали в озеро, вода из которого водопадом изливалась в глубоководную долину. Что это за долина, мы не знали, не имея карты заповедника. В то время карты Камчатки вообще не было.

В апреле 1941 г. я с наблюдателем заповедника А. П. Крупениным отправилась на собачьей упряжке выяснить – куда же стекает вода из Узона. От рек приморской равнины Узон отделён горным хребтом, сюда вода из него попасть не мож-

ла. За этим хребтом оказалась долина, исток р. Шумной, которая и принимала воду из Узона.

Попасть туда было сложно. К водопаду из Узона добирались сначала на нарте, потом на лыжах и наконец пешком по глубокому снегу. Во время короткого привала в пути в нашу сторону неожиданно ударила мощная струя кипятка из маленького источника на противоположной стороне реки. Эта струя исчезла так же внезапно, как и появилась. Я поняла, что вижу гейзер, они не были известны на материке Евразии. Возле гейзера в исток Шумной впадала тёплая речка, обследовать которую уже не было времени».

А если подробнее, то:

«Граница заповедника в те времена проходила по реке Шумной, которая на схеме, заменяющей карту, была показана текущей с СЗ на ЮВ и не имеющей притоков. Но мне представлялось, что должен быть у неё приток, несущий воду из Узона. Подошли к Шумной, близ устья которой была выстроена избушка, кордон заповедника, наша временная база. Вода в Шумной имела ирридирующий оттенок, который трудно описать. Он возникает у чистой пресной речной воды, если к ней примешивается в значительном количестве минеральная. Это укрепило меня в моих предположениях.

Мы отдохнули на кордоне, оставили там часть груза и выехали на нарте вверх по реке. Долго ехать по реке не удалось, т. к. вода подмывала оба берега. Пришлось подняться на правый борт долины и ехать вверх по её краю, и в конце дня мы увидели большой левый приток, впадающий в Шумную со стороны Узона, как я и предполагала. Стали лагерем, поставили палатку близ верхней границы березняка и заночевали там. Погода была отличная, а следующий день выдался ещё лучше, тёплый, солнечный – весна всё-таки, апрель.

Встав пораньше, мы оделись, вернее разделись по погоде: гимнастёрки, камлеи – белые рубашки длиной до колен из палаточной материи, предохраняющие от ветра и снега, обулись в высокие резиновые сапоги, взяли лыжи и отправились исследовать найденный приток Шумной, рассчитывая дойти до реки, текущей из Узона.

Спустились по обрывистому склону долины высотой порядка 400 м, стали на лыжи и бодро побежали вверх по течению реки. Вскоре лыжи пришлось оставить, т. к. река подмывала берег, и дальше пошли по покрытому снегом склону, проваливаясь до колен в весенний снег. Шли, шли, а реки из Узона всё нет. А ведь надо ещё идти обратно, выбраться из долины. Да и погода начала портиться, сверху в долину стали спускаться клочья облаков – нехороший признак. Пока раздумывали, впереди в долине взлетел высокий столб пара, видимо, там был крупный горячий источник. Решили до него всё же дойти. То, что мы его не видели до сих пор, нас не удивило, ветер сдувает пар, да и изгибы долины могли скрывать его от нас.

Пошли дальше. Нет источника. На противоположном левом берегу встречаются у воды мелкие парящие площадки, что у подножья вулкана не удивительно.

*Идём, идём, реки из Узона нет, горячего источника нет, погода всё хуже, а наш лагерь всё дальше... Решили идти обратно, с погодой в горах не шутят. Сели на снегу отдохнуть, съесть, что взяли с собой. Сидим, отдыхаем. Вдруг с противоположного берега из маленькой парящей площадки, каких мы уже много миновали, ударила прямо в нас косо направленная струя кипятка в сопровождении клубов пара и страшного подземного грохота. Вода падала на склон немного ниже нас, и только паром нас обдавала. Мы страшно перепугались, прижались друг к другу, сидим и не знаем, что нас ждёт. Обстановка тревожная. Спереди от нас вулкан Кихпинич, не очень активный, но живой, постоянно выбрасывающий газы понемножку, на склонах его языки свежей лавы. Сзади вулкан Узон, активно давно не действовавший, но тоже живой. А поведение вулканов непредсказуемо. И вдруг извержение кипятка прекратилось, некоторое время продолжались выбросы клубов пара, а затем всё затихло, и перед нами лежала небольшая парящая площадка, ничем не примечательная. Тут я опомнилась и завопила не своим голосом: „Гейзер!“».*

Этот гейзер она потом назвала «Первенцем». И первое исследование тепловой речки – Гейзерной – и других гейзеров, а также картирование долины провела летом 1941 г.

Заметка о находке гейзеров была опубликована в «Камчатской правде», откуда это сообщение перепечатали «Известия» – как раз накануне войны. Т. И. даже получила поздравительную телеграмму из Харькова от своей подруги.

Хотелось бы вернуться к теме неслучайности этого открытия. Для этого мы хотим подчеркнуть, что она была хорошо выучена, образована и быстроумна, поскольку сразу поняла, какое уникальное явление встало на ее пути. При этом в курсе общей геологии гейзерам отводится далеко не самое центральное место, и нет оснований полагать, что она специально интересовалась этим явлением до встречи с ним.

Читая в дневнике Т. И. о походах, которые она предприняла от времени прибытия на место до 14 апреля 1941 г. (всего более 20 походов сроком от одного дня до нескольких недель), можно видеть, что она подробно исследовала неизученную центральную часть заповедника. Открытие гейзеров – результат этих исследований.

Т. И. была человеком, которому всегда, всю жизнь было, по ее словам, «интересно, что там, за той горой». Когда после отъезда с Камчатки она работала в горном Крыму, а потом в Молдавии, она работала так же неутомимо и тщательно.

Всего ей удалось посетить долину 6 раз, из них первые 4 с научной целью:

1. Весной 1941 г.
2. Летом 1941 г.
3. Летом 1945 г.
4. В 1951 г.
5. В 1979 г.
6. В 1999 г.

В 1979 г. ее пригласили для участия в съемках документального фильма: «Там, где зимует весна», в который вошло очень и очень мало из отснятых тогда материалов, буквально пара кадров. Но сама поездка ей очень понравилась, она увидела прежние места и познакомилась со многими новыми людьми. К сожалению, тогда она не записывала свои впечатления.

В 1999 г. она прилетала на Камчатку уже из Канады в сопровождении младшей дочери. Вот что она написала об этом путешествии несколько позже (последний вариант статьи датирован 5 июня 2003 года):

*«Ранней весной текущего 1999 года я получила из США неожиданное письмо от незнакомого мне человека с приложением фотографий, показывающих, как обустроена для показа туристам долина Гейзерная на Камчатке с просьбой высказать своё мнение. Человек, который всё это оборудовал, ныне "приватизировал" Гейзерную по договоренности с заповедником и возит туда туристов за хорошую плату.*

*У меня всегда болела душа за "мою" Гейзерную, долину с крутыми склонами, сложенными глиной, размячченной выходами вулканических газов. На ней легко оставляет следы прошедший человек, не говоря уже о группах туристов. На несколько лет заповедник вообще был ликвидирован усилиями местного начальства и понёс страшный урон. Выбили тысячные стада оленей, военные побили с вертолётов труднодоступных горных баранов. Неорганизованные массы туристов избезобразили долину Гейзерную, поотбивали минеральные отложения, окружающие выходы горячей воды.*

*Мне удалось побывать в Йеллоустонском парке в США, славящемся своими гейзерами. Я видела, как бережно к ним относятся, всюду проложены деревянные настилы, сходить с которых запрещено, хотя почва там в основном твёрдая. За туристами присматривают, и никому в голову не придёт отбивать куски от гейзерных сооружений. Надо ещё отметить, что Йеллоустон – громадный парк, где от одной группы гейзеров до другой надо ехать на машине, в то время как активный участок долины Гейзерной на Камчатке имеет протяжение менее километра, так что туристы практически толкуются на одном месте. Я всё время сравнивала положение в Йеллоустоне с долиной Гейзерной на Камчатке, и душа изболелась от этого сравнения. На присланных мне снимках я увидела долину, оборудованную на уровне мировых стандартов, и высказалась восторженно. В ответ получила приглашение посетить долину в удобное для меня время. Я предложила август-сентябрь, наиболее благоприятное для поездок по Камчатке время. На этом связь с Камчаткой прервалась, и я так подумала, что просто сболтнула, как это, к сожалению, принято в России.*

*...Мы пробыли в Гейзерной 2 дня. Я с Жилиным побродила по долине по деревянным настилам и лестницам, посидела на обзорных пунктах. Туристам подходить непосредственно к гейзерам и тем более ходить по ним не разрешают. Группы туристов водят гиды, работники туристической компании. К Первенцу я не ходила, туда ходила дочь с группой аляскинцев; до Первенца из них дошло*

*только трое, всё-таки дорога туда и сейчас довольно трудная. Аля очень много снимала, не жалея плёнки, тем более, что с погодой нам повезло. Вечером второго дня мы улетели из долины...*

*...Все наши путешествия были на вертолётках. По пути на "Тимоновскую" пролетали мимо перевала, названного моим именем, что, конечно, большая честь. К сожалению, порывистый ветер не позволил посадить вертолёт на перевале, что вертолётчики собирались сделать, посмотрели на него только издали.*

*Повозили нас по Петропавловску, столице Камчатки. Петропавловск глаз не радует. Дома, выстроенные из экономии с плоскими крышами, совершенно не соответствуют камчатскому климату. Мощные толщи снега, тая, образуют потёки как снаружи по стенам, так и внутри домов. Вид у большинства домов самый плачевный. Только у центральной улицы, разрезающей весь город, вид приличнее. Здесь мало жилых стандартных домов, больше всякие магазины, учреждения, есть красивые здания и, видимо, за ними следят. В целом же город не производит приятного впечатления. Со времени моего последнего посещения 20 лет назад всё-таки кое-что сделано для приведения вида города в порядок. Небольшое Култучное озеро, бывшее 20 лет назад помойкой среди города, приведено в порядок, очищено, на нём катаются на лодках. Стоящий рядом с озером театр выглядит вполне прилично. В книжных магазинах мы купили русских книг аж на 60 долларов, что в рублях стоило 1500. Если бы мы эти книги выписали из Нью-Йорка, это обошлось бы нам не меньше, чем в 1000 долларов, о чём, конечно, не может быть и речи.*

*Побывали мы на Никольской сопке, городском парке Петропавловска. Она красива, поросла берёзовым криволесьем. С неё открывается великолепный вид на Авачинскую бухту, в которой, говорят, может поместиться весь Тихоокеанский флот. На Никольской сопке всегда стояли памятники, отмечающие важные даты в истории города. Сейчас они приведены в порядок, некоторые перенесены в более удачные места. Аллеи на Никольской сопке аккуратно расчищены. Горожане любят этот парк.*

*Как вы понимаете, нас принимали, возили и развлекали богатые люди, а с людьми попроще мы просто почти не сталкивались. Мы не пользовались городским транспортом и не разгуливали по городу. Нас всюду... возили. Я только смогла найти время посетить две семьи моих старых знакомых. Их уже осталось мало, кто умер, кто уехал "на материк". Семья Андрея Пташинского, единственного человека, который все годы моей жизни в Канаде информировал меня о том, что делается на Камчатке, присылал интересные газетные статьи, выходящие в Петропавловске журналы, открытки. ...Вторая семья – Сергея Верченко, бывшего оператора фильма о Гейзерной, который снимался в Долине в 1979 году».*

В заключение мы хотели бы привести текст завещания Т. И.:

«Просьба  
к губернатору Камчатки или к другому лицу, в ведении которого находится  
решение данного вопроса.

Я, Устинова Татьяна Ивановна, прошу после моей смерти захоронить мой прах на Камчатке в долине Гейзерной.

На устойчивом склоне прошу поставить большой кусок твердой изверженной породы и к нему прикрепить медную или бронзовую пластинку с надписью:

Татьяна Ивановна Устинова  
14 ноября 1913 –

и у этого камня зарыть урну.

Прошу содействовать всем моим потомкам – детям, внукам – присутствовать при захоронении урны в долине Гейзерной.

*С уважением,  
Т. И. Устинова  
10 декабря 2004 г.»*

Захоронение праха Т. И. состоялось в августе 2009 г. в Долине гейзеров по её желанию и при полном содействии и помощи администрации и сотрудников заповедника. Поминки были краткие и очень тёплые. К сожалению, мы должны были улететь из Долины раньше, чем хотелось, т. к. сводка не предвещала лёгкой погоды в ближайшие дни. Спасибо всем, кто принимал участие в церемонии, кто помнит и для кого это важно.

На сайте заповедника есть «Воспоминания» Т. И., которыми частично воспользовались и мы при написании этого текста. Кроме того, уже живя в Канаде, в разное время Т. И. возвращалась к камчатской теме. Эти тексты тоже использованы здесь.

*Галина Юрьевна Аверина,  
Татьяна Юрьевна Аверина,  
сентябрь 2013 года*



---

# КЛИМАТИЧЕСКИЕ И ГЛЯЦИОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ ООПТ

## ЛЕДНИК КОРЫТО (ИСТОК РЕКИ Б. ЧАЖМА, КРОНОЦКИЙ ПОЛУОСТРОВ)

*Н. В. Голуб*

*ФГБУ «Кроноцкий государственный заповедник»*

*e-mail: golubnatash@yandex.ru*

**Ключевые слова:** Кроноцкий полуостров, Кроноцкий заповедник, гляциологические исследования, ледник Корыто, морена, ледниковый язык, баланс массы, лишенометрия

### **Введение**

Кроноцкий полуостров представляет собой несомненный научный интерес для многих специалистов: гляциологов, климатологов, геологов, биологов. Но даже в наши дни этот район остается труднодоступным. По этой причине не так много экспедиций побывало в Кроноцких горах. В течение последних пятидесяти лет гляциологические исследования проводились лишь в 1960, 1971, 1982, 1996–1997 гг., а в 1999–2000 гг. – геоботанические работы. Кроме того, Кроноцкий полуостров был покрыт геологической съемкой масштаба 1 : 200 000, а также в отдельные годы были выполнены тематические геологические исследования. Разумеется, результаты работ этих немногочисленных и редких экспедиций очень важны для понимания феномена развития оледенения на полуострове на небольших высотах от 250 до 1300 м над ур. м. В настоящей работе собраны основные сведения об этом интересном районе на примере ледника Корыто, опубликованные в отечественных и зарубежных источниках.

### **Орогидрография**

Ледник Корыто, исток р. Большая Чажма, расположен на северо-западном склоне Кроноцкого хребта в центре Кроноцкого полуострова (рис. 1). Кроноцкий хребет – это интенсивно расчлененный горный массив с абсолютными отметками отдельных вершин свыше 1300 м (г. Алней, 1313 м; г. Отдельная, 1324 м), горы которого плавно понижаются в западном направлении, а на востоке круто обрываются уступами высотой от 50 до 200 м в Тихий океан. В высокогорной части в диапазоне высот от 250 до 1300 м широко развиты ледники в основном карового, карово-долинного и переметно-долинного типа общей площадью 91,9 км<sup>2</sup> (Виноградов, 1968). В бассейне р. Большая Чажма расположено 10 ледников площадью 28,0 км<sup>2</sup> (Виноградов, 1968).



**Рис. 1.** Ледник Корыто 13 августа 1999 г. Фото Н. Голуб

Река Большая Чажма – одна из самых протяженных рек Кроноцкого полуострова. В верхнем течении это типичная горная река с ледниковым типом питания, со скоростью течения до 4 м/с, нешироким руслом. Но в 9 км от берега Тихого океана (от устья), при выходе из гор, долина

реки становится широкой до 3 км и представляет собой субгоризонтальную заболоченную равнину на озерных и болотных отложениях. Скорость реки в нижнем течении около 1–2 м/с при средней ширине русла 50 м. В верхнем и среднем течении поперечный профиль троговой долины V-образный и каньонообразный, в низовьях – корытообразный (U-образный) (Государственная геологическая карта... 2006).

### **Климат**

Климат Кроноцкого полуострова морской, влажный (Отчет... 1982). Особенности географического положения и климатические характеристики позволяют отнести полуостров к восточному горно-вулканическому климатическому району (Кондратюк, 1974). Отсутствие в горах Кроноцкого хребта горной метеорологической станции служит серьезным препятствием к полной и истинной оценке климатических условий района. Описание климата основывается на метеоданных метеорологической станции Кроноки (прежнее название Сторож), расположенной на берегу Тихого океана в бухте Ольга, на высоте 15 м над ур. м., на расстоянии около 50 км от центра ледникового узла.

Продолжительность холодного и теплого периодов примерно одинакова, зима сравнительно теплая, лето прохладное. Продолжительность теплого периода около пяти месяцев, с мая по начало октября. Средняя летняя температура +9,6 °С (1939–1997 гг.), годовая амплитуда температур воздуха 20–25 °С (Отчет... 1982). Даже в береговой зоне Кроноцкого полуострова выпадает значительное количество осадков, среднее годовое значение которых составляет 850 мм. Число дней в году со снежным покровом равно 170 (Преображенский, 1965). Но «на восточных склонах горно-вулканической области и в районах, прилегающих к ним, осадков выпадает намного больше – около 1500 мм за год. Половина из них приходится на зиму» (Кондратюк, 1974). Интенсивные циркуляционные процессы над Беринговым морем обуславливают на полуострове умеренно холодную, многоснежную зиму и ветреную погоду. Средние месячные скорости ветра – 10 м/с (Отчет... 1982). Здесь чаще, чем в других районах, наблюдаются особо опасные явления: ураганные ветры, обильные осадки, сильные и продолжительные метели.

### **Научные экспедиции**

В течение последних пятидесяти лет было организовано несколько гляциологических экспедиций на кроноцкие ледники, чтобы объяснить

феномен их существования на столь низких абсолютных высотах (250–3000 м). Первые гляциологические исследования, направленные на изучение Кроноцкого узла как ледникового района океанического типа, были проведены Институтом географии АН СССР осенью 1960 г. Оценена средняя многолетняя годовая сумма твердых осадков в фирновой зоне на высоте около 800 м, которая составила не менее 1800–2400 мм (Преображенский, 1965). Сделаны выводы о том, что помимо больших сумм осадков кроноцкие ледники характеризуются значительной продолжительностью теплого периода, высокой ветровой активностью в период аккумуляции и преобладанием облачных погод с незначительными колебаниями температур в период абляции.

Вторая гляциологическая экспедиция, организованная совместно Институтом географии АН СССР и Институтом вулканологии ДВНЦ АН СССР, провела исследования на леднике Корято в 1971 г. Дана оценка фоновой снежности Кроноцкого полуострова и зарегистрированы изменения ледника Корято с 1960 по 1971 г. В результате снегосъемки на леднике сделан вывод о том, что высота снежного покрова на полуострове в период максимального снегонакопления более 200 см (Виноградов, Ходаков, 1976). Расчетным методом получена величина твердых осадков на средней высоте границы питания кроноцких ледников, равная  $300 \text{ г/см}^2$  (Виноградов, Ходаков, 1976). Эта величина наибольшая для ледниковых районов Евразии. Для сравнения, среднее многолетнее количество зимних (октябрь–май) осадков по осадкомеру метеостанции Кроноки (Сторож) составило  $71,6 \text{ г/см}^2$  (Виноградов, Ходаков, 1976). На основании метеорологических данных метеостанции Сторож, балансовых измерений и расчетов были восстановлены многолетние колебания баланса льда ледника Корято за балансовые годы – 1939–1971 гг.

В августе–сентябре 1982 года вновь проводились гляциологические наблюдения на леднике Корято Институтом вулканологии совместно с Институтом географии. По их результатам, баланс массы ледника Корято в 1981/82 г. был отрицательным.

Через 14 лет на одном из крупнейших ледников Кроноцкого полуострова – леднике Корято в июле 1996 и сентябре 1997 г. состоялась совместная русско-японская экспедиция Камчатского отдела РГО и японского Института низких температур. Выяснилось, что за зимы 1995/96 и 1996/97 гг. в фирновой зоне ледника накопилось аномально большое количество снега. Средний зимний баланс ледника площадью  $7,55 \text{ км}^2$  (это на  $0,35 \text{ км}^2$  меньше, чем площадь в 1971 г.), был  $5,90 \text{ м}$

в водном эквиваленте в 1995/96 г. и 6,21 м в 1996/97 г. Следовательно, была зафиксирована самая большая аккумуляция снега на этом леднике за последние 50 лет. Средние чистые балансы массы ледника были аномально положительными и приблизительно составили +1,14 м (1995/96 г.) и +2,35 м (1996/97 г.) (Muravyev et al., 1999). Реконструирован баланс массы ледника Корято за период 1939–1997 гг., в течение которого ледник имел преимущественно отрицательное сальдо за исключением нескольких положительных фаз середины 1970-х гг, совпадающих с таким же периодом для ледников Северной Америки.

Итак, развитие оледенения на низкогорном Кроноцком хребте в диапазоне высот от 250 до 1300 м стало возможным благодаря влиянию Тихого океана, сказывающемуся в большом количестве осадков и прохладном лете с множеством пасмурных дней.

В августе-сентябре 1999 и 2000 гг. в районе ледника Корято проводились геоботанические исследования совместной экспедицией Камчатского отдела РГО, Камчатского института экологии и природопользования и Института низких температур (Хоккайдский университет, Япония) в рамках проекта «Криосферно-гидрологический цикл на Камчатке в прошлом и настоящем». Работы выполнялись для изучения особенностей развития растительности в условиях экстремальной снежности.

### **Геология**

На Кроноцком полуострове палеогеновые отложения выделяются в кроноцкую серию, подразделяемую на две свиты: нижнюю – кубовскую и верхнюю – козловскую. Возраст козловской свиты в основном поле развития по комплексу органических остатков интерпретируется средним эоценом ( $P_2$  kz) на уровне бартонского яруса общей шкалы (Государственная геологическая карта... 2006). По данным палинологического анализа климат в период накопления козловской свиты был весьма теплым. Анализ петрохимических данных позволяет сделать вывод, что формирование структурно-вещественных комплексов кроноцкой серии происходило в обстановке островной дуги на ранней стадии развития (Государственная геологическая карта... 2006). Активный вулканизм Тарховско-Кроноцкой дуги закончился в среднем эоцене обширными излияниями шаровых лав базальтов, определивших, в целом, облик козловской свиты. Осадкообразование и вулканизм происходили в неглубоком морском бассейне в течение длительного времени (палеоген-эоцен), превышающего время существования Курило-Камчатской

островной дуги в ее современном морфологическом выражении (Хубуная, 1987). Шаровые лавы представлены потоками и покровами различной протяженности и мощности. В большинстве своем это мощные (50–70 м) трещинные излияния, которые прослеживаются по простираю на расстояние 3–5 км. Сфероиды шаровых лав имеют разнообразную форму: каплевидную, караваяобразную, баллонообразную. Диаметр отдельных сфероидов составляет от 10 см до 1,5 м, наиболее характерны подушки размером 0,5–1,0 м (Хубуная, 1987). Межшаровое пространство заполнено кремнями, яшмами, глинисто-кремнистыми, цеолит-кремнистыми породами. Широко развиты опал-халцедоновые агрегаты, которые при полировке обнаруживают красивые узоры и представляют собой высококачественное поделочное сырье (Государственная геологическая карта... 2006). Следующей распространенной разностью пород служат туфы.

### **Альпинотипный рельеф**

Уникальный расчлененный выработанный рельеф с современными ледниками и фирновыми снежниками занимает центральную часть Кроноцкого полуострова. Субстратом служат вулканогенные отложения кроноцкой серии. Абсолютные высоты его достигают 1000–1324 м при относительных превышениях 800–1000 м. Для него характерны узкие скалистые гребневидные водоразделы, реже – несколько сглаженные, скалистые вершины. Склоны часто крутые до отвесных, прямые и пологовыгнутые, с крутыми ледниковыми цирками и карами. Большинство эрозионных долин вложены в троговые. Поперечный профиль речных долин V-образный, каньонообразный; продольный профиль – ступенчатый. 91, 9 км<sup>2</sup> в пределах этого рельефа занято ледниками. Средняя мощность льда составляет 50 м. Зарождаются ледники на высоте 1000–1300 м и спускаются на север до минимальной абсолютной высоты 360 м, на юг – 640, на запад – 360, на восток – 280 м (Государственная геологическая карта... 2006). Часто среди ледников возвышаются останцы коренных пород – нунатаки.

Современный облик рельефа начал формироваться в плиоцене ( $N_2-Q_E$ ). В это время происходили блоковые поднятия Восточного хребта и Кроноцкого полуострова. В конце раннего неоплейстоцена ( $Q_{E-1}$ ) основная часть площади была представлена сушей, на всей территории происходила активная денудация. На фоне общего воздымания в среднем неоплейстоцене на юге и юго-востоке площади формировались

абразионно-аккумулятивные террасы; большая часть суши была охвачена полупокровным оледенением. В это же время по зонам тектонических нарушений формировался общий план современной гидросети. В позднем неоплейстоцене в высокогорных участках суши образовались ледники второй стадии горно-долинного оледенения. Отдельные эрозионные долины массива горы Отдельная преобразовались в троговые. В голоцене продолжается общий подъем территории, сопровождающийся интенсивной речной эрозией, морской абразией и общей денудацией; вулканизм прекращается. В высокогорных участках развита нивально-гляциальная деятельность (Государственная геологическая карта... 2006).

**Подземные воды** представлены преимущественно хлоридно-гидрокарбонатными магниевыми, натриевыми водами (Государственная геологическая карта... 2006).

**Почвы** представляют собой фрагментарные вулканические, горно-тундровые вулканические, в пониженных участках – вулканические охристые почвы, также распространены каменистые россыпи (Государственная геологическая карта... 2006).

**Растительность** района – это накипные лишайники, скальные мхи, мелкокустарничковые моховые тундры, отдельные группы ольхового и кедрового стланика на луговинных горных и щебнистых тундрах, предгорьцовые ольховые и кедровые стланики в ассоциации с рябиной.

Таким образом, мы получили представление в целом о Кроноцком полуострове, необходимое для понимания современных процессов рельефообразования, протекающих непосредственно в верховьях долины ледника Корято. Помимо интенсивной денудации, обусловленной продолжающимся тектоническим поднятием полуострова, эрозии, основным скульптором долины был и остается ледник Корято. А созданными им скульптурными формами служат и сама троговая долина, и кары на ее левом борту. Из-под языка отступившего ледника выступили базальтовые бараньи лбы с ледниковой штриховкой на них, указывающей направление движения ледника в прошлом. Также отчетливо выражены и на космоснимках такие ледниковые формы рельефа, как узкий гребень береговой морены в левой части ледника над ледопадом и валобразные дуги конечных морен, расположенные поперек долины на протяжении около 1 км от языка вниз по долине. Эти морены – результат активности ледника в эпоху малого ледникового периода. Продолжают формироваться морены на конце отступающего ледника и в наши

дни, также видоизменяются участки развития мертвого льда. В условиях отступления ледника активизировались и флювиогляциальные процессы, разрушающие конечные морены. Итак, морены ледника Корыто весьма динамичные, неустойчивые образования, которые могут быть либо созданы, либо уничтожены самим же ледником даже в случае короткопериодных колебаний климата. Так, гляциологи считают, что даже незначительное похолодание летнего периода при неизменном снегонакоплении приведет к стационарированию ледника в современных его границах. А понижение же среднелетней температуры воздуха на 3° неизбежно вызовет его наступание (Виноградов, Ходаков, 1976).

### **Конечные морены ледника Корыто**

Помимо гляциологических исследований, проводимых на самом леднике, также были изучены конечно-моренные образования в пределах русла долины и на ее склонах. Одной из основных задач, стоявших перед исследователями, было определение возраста морен. Знание возраста поверхностей важно при изучении динамики ледника и эволюции климата в прошлом. С этой целью применялись такие методы датировки, как тефро-хронологический и лихенометрический. В качестве надежных реперов для датирования использовались маркирующие горизонты тефры. В долине Корыто исследователи выделили 6 маркирующих тефр: Шивелуч-1964, Шивелуч-1854, Шивелуч-3 ( $1404 \pm 27$  14С л. т. н.), Ксудач-1 ( $1806 \pm 16$  14С л. т. н.), Шивелуч-5 ( $2553 \pm 46$  14С л. т. н.), Хангар ( $6957 \pm 30$  14С л. т. н.) (Sawaguchi et al, 1999).

В этой работе на рисунке 2 маркировка морен (М1-М7) и их положение в пространстве соответствуют маркировке на схеме моренного комплекса ледника Корыто, опубликованной в монографии О. Н. Соломиной «Горное оледенение Северной Евразии в голоцене» (Соломина, 1999).

В малый ледниковый период ледник Корыто был длиннее на 1200 м относительно конца ледника в 1997-х гг., именно на такое расстояние протянулись вниз по долине конечно-моренные образования. Ледник заканчивался на высоте около 200 м над ур. м. В 1997 г. высота ледникового языка составила 325 м над ур. м.

Первые сведения о конце ледника относятся к 1960 г. В то время язык ледника упирался в левый борт долины р. Б. Чажма (Соломина, 1999) и закачивался на высоте 250 м. Ледник был длиннее примерно на 300–310 м, чем в 1997 г. Морена М1 датируется 1958 г. согласно данным лихенометрии и фотографиям 1960 г. (Соломина, 1999). Следующее



положение языка ледника было зафиксировано исследователями гляциологической экспедиции в 1971 г. Можно предположить, что за этот период (1960–1971 гг.) язык сократился, так как баланс массы ледника в течение всех этих лет, за исключением одного года, был исключительно отрицательным. Благодаря лесоустроительным работам 1976 г. мы имеем информацию о положении конца ледника в конце июля 1976 г. (рис. 2). Эта дата интересна тем, что, начиная с 1971 и по 1976 г., баланс ледника был положительным, кроме балансового года 1974/75. В этот период твердых осадков выпадало больше среднего значения, и среднелетние температуры были ниже многолетней средней величины. Следовательно, ледник за это время не только не сократился, а наоборот стационарировался. Таким образом, на АФС 1976 г. отмечены максимальные границы ледника за период с 1971 до 2000 г. (рис. 2).

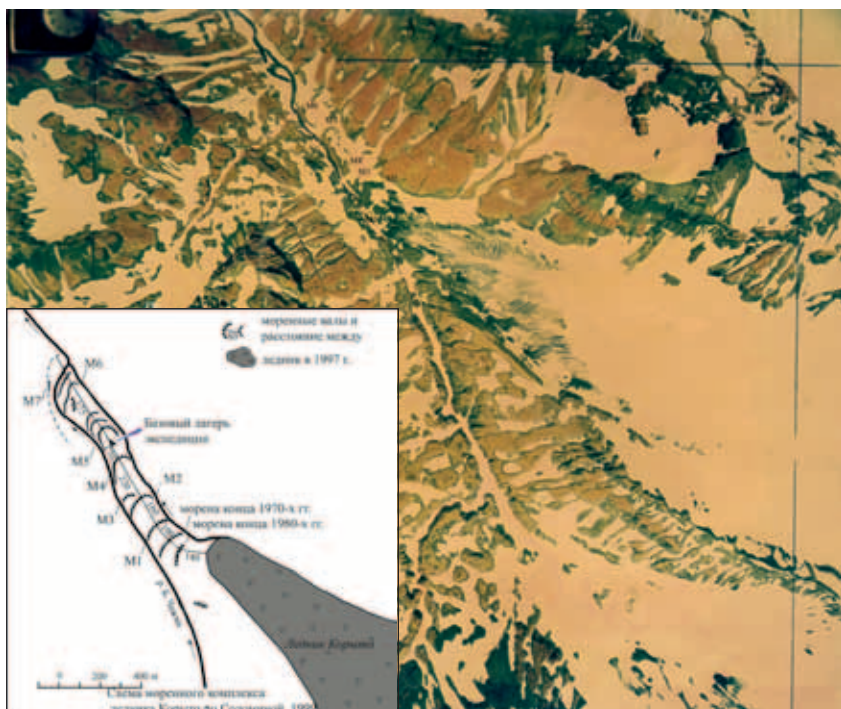


Рис. 2. Ледник Корыто – исток реки Большая Чажма. Аэрофотоснимок 1976 г.

Последующие посещения ледника в 1982, 1996–2000 гг. свидетельствовали о постепенном отступании ледника. Так, за период с 1977 по 1997 г. 16 балансовых лет были отрицательными (Muravyev et al., 1999). Если в 1960 г. ледник Корыто площадью 8,9 км<sup>2</sup> опускался до 250 м над ур. м., а граница питания была на высоте 500 м, то к 1997 г. площадь ледника уменьшилась до 7,75 км<sup>2</sup>, язык сократился до высоты 325 м.

Первые геоботанические исследования на моренах ледника Корыто начались в августе 1999 г. Сначала геоботанические площадки были заложены на самых молодых фронтальных моренах возрастом 1–2 года, сформировавшихся на самом конце языка. Морена, расположенная на льду, весьма подвижна и состоит, в основном, из обломочного материала плохой окатанности: мелкозема, щебня, глыб размером до 1 м. Изредка встречаются обломки и средней окатанности: пески, галька, валуны. Петрографический состав пестрый и представлен обломками базальтов, брекчий, яшм, кварца, халцедона, алевролитов, песчаников. Многочисленные руслица на конце языка контролируются отложениями мелкозема, легко переносимого небольшими потоками воды.

Затем геоботанические работы продолжились на морене, сформировавшейся в конце 1980-х гг. и расположенной на расстоянии 120–140 м от ледникового языка (рис. 3). Моренные отложения, состоящие, в основном, из неокатанных обломков, покоятся на мертвом льду, заключившем



**Рис. 3.** Троговая долина ледника Корыто. Фото Н. В. Голуб

в себе многочисленные глыбы и щебень. Поверхность этой незадернованной морены бугристая, осложнена небольшими увалами и западинами как неглубокими – так и глубиной до 2 м. Фрагмент морены этого возраста расположен выше Бараньего лба и сразу за ним, что на левом берегу реки, вытекающей из-под ледника Корыто.

Следом были заложены геоботанические площадки на морене, сформировавшейся в конце 1970-х гг. Эта морена располагалась на расстоянии около 210 м от ледникового языка. В отличие от предыдущих морен, подстилающей поверхностью которых служит лед (в первом случае это язык ледника, во втором – мертвый лед), эти моренные отложения находятся, в основном, непосредственно на массивной базальтовой лаве, своеобразном коренном основании всей долины ледника Корыто. Эти лавы испытали на себе действие ледника: на их поверхностях сохранилась так называемая ледниковая штриховка, указывающая направление движения ледника в прошлом. Таким образом, там, где еще в начале 1970-х гг. прошлого столетия был язык ледника, на дневной поверхности оказались довольно обширные открытые участки бараньих лбов, местами прикрытые моренным плащом.

Наиболее молодые морены (M1) из тех, на которых уже поселились лишайники подрода *Rhizocarpon*, используемые для датировки поверхностей, относятся к 1950–1960-м гг. Морена отступления M1 представляет собой обширное, по протяженности более 100 м, всхолмленное поле, омываемое с двух сторон речками. До сих пор в морене сохраняется ледяное ядро, погребенное под чехлом мощностью 30–40 см (Соломина, 1999).

За этими валами находятся морены первой трети XX в. (M2–M4). Эти морены маркируют начало интенсивного отступления ледника. Расстояние от M4 до современного конца составляет около 700 м.

Следующая морена относится к середине XIX в. (M5), в пределах которой находился полевой лагерь (с 1996 по 2000 г.). Непосредственно на этой морене лежит пепел вулкана Шивелуч 1854 г., т. е. возраст морены близок к указанной дате. Эта морена, вероятно, образовалась одновременно с боковой мореной на левом борту около 150 лет назад. Высота этого боковой морены над поверхностью льда недалеко от современной границы питания показывает, что ледник был тогда на 30 м толще, чем сегодня (Solomina, 1999).

Далее на расстоянии 175 м от M5 вниз по течению сохранился вал конечной морены M6 возрастом около 300 лет. Между поверхностью морены и слоем тефры (пепел вулкана Шивелуч 1854 г.) сформировался

слой почвы мощностью 4 см. По данным лихенометрических измерений возраст М6 датируется 1711 г. (Соломина, 1999).

Самая древняя морена малого ледникового периода М7 сохранилась на левом борту долины в виде выраженной террасовидной поверхности длиной 80–100 м. Возраст этой морены около 400 лет, по данным лихенометрии поверхность датируется 1616 г. (Соломина, 1999).

## **Литература**

*Виноградов В. Н.* Баланс льда ледника Корыто в Кроноцком массиве. Гляциологические исследования / В. Н. Виноградов, В. Г. Ходаков. – М. : Наука, 1976. – № 25. – С. 18–26.

*Виноградов В. Н.* Итоги и перспективы исследования географии снежного покрова Камчатки. Гляциологические исследования / В. Н. Виноградов, В. Г. Ходаков. – М. : Наука, 1976. – № 25. – С. 5–12.

*Виноградов В. Н.* Каталог ледников СССР / В. Н. Виноградов. – Л. : Гидрометеоздат, 1968. – Т. 20, Камчатка, части 2–4. – 76 с.

Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Изд. 2-е. Сер. Восточно-Камчатская. Л. N-57-XII, N-58-VII (гора Исток Чажма). Объяснительная записка. – СПб. : Изд-во СПб-картфабрики ВСЕГЕИ, 2006. – 223 с.

*Кондратюк В. И.* Климат Камчатки / В. И. Кондратюк. – М. : Гидрометеоздат, 1974. – 204 с.

Отчет по теме: Динамика современного оледенения и взаимодействие с вулканизмом. Институт вулканологии. – Петропавловск-Камчатский, 1982. – 333 с.

*Преображенский В. С.* Кроноцкий ледниковый узел / В. С. Преображенский, Ю. М. Модель // Тепловой и водный режим снежно-ледниковых толщ. – М. : Наука, 1965. – С. 5–30.

*Соломина О. Н.* Горное оледенение Северной Евразии в голоцене / О. Н. Соломина – М. : Научный мир, 1999. – 272 с.

*Хубуная С. А.* Высокоглиноземистая плагиотолеитовая формация островных дуг / С. А. Хубуная. – М. : Наука, 1987. – 168 с.

*Muravyev Y. D.* Mass Balance of Glacier in Condition of Maritime Climate / Y. D. Muravyev, T. Shiraiwa, S. Yamaguchi, et al // Koryto Glacier in Kamchatka, Russia. – Cryospheric studies in Kamchatka II, Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 1999. – P. 51–61.

*Sawaguchi S.* Holocene Glacier Advances in Koryto Glacier, Kamchatka, Russia / S. Sawaguchi, K. Yamagata, Y. D. Muravyev, et al. – Cryospheric Studies in Kamchatka II, Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 1999. – P. 79–84.

*Solomina O. N.* Lichenometric Studies of Moraines in Kronotsky Peninsula, Kamchatka, Russia / O. N. Solomina // Cryospheric Studies in Kamchatka II, Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University, 1999. – P. 76–78.

## ОСОБЕННОСТИ ТЕРМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ОЗЕРА КРОНОЦКОЕ (КРОНОЦКИЙ ЗАПОВЕДНИК)

*Д. Е. Сергеев, М. Ю. Замятина, В. М. Степаненко*  
*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова*  
*e-mail: dennis.sergeev@gmail.com*

**Ключевые слова:** термический режим озера Кроноцкое, численное моделирование

### **Введение**

Состояние экосистем, а также эволюционные процессы в водоемах во многом определяются факторами среды, среди которых гидрометеорологический фактор является одним из ключевых. Математическое моделирование термического режима водоема позволяет, в частности, восполнить временные пропуски данных наблюдений состояния водного объекта, а также воспроизвести состояние водоема в условиях климатов прошлого и при будущих климатических изменениях. Полученная таким образом информация является необходимой для оценки динамики экосистем и полезной для изучения эволюционных процессов.

Целью настоящей работы является изучение микро- и мезомасштабных особенностей термодинамического режима Кроноцкого озера в различных синоптических условиях летом 2012 г. Для достижения поставленной цели необходимо было решить две основные задачи: 1) провести моделирование термического режима Кроноцкого озера с помощью численной модели LAKE и сравнить результаты с данными гидрологических наблюдений; 2) по данным моделирования оценить величину и изменчивость турбулентных потоков тепла в приводном слое атмосферы.

Главным объектом в данном исследовании являются параметры теплового состояния приземного (приводного) слоя воздуха и поверхностного слоя воды Кроноцкого озера.

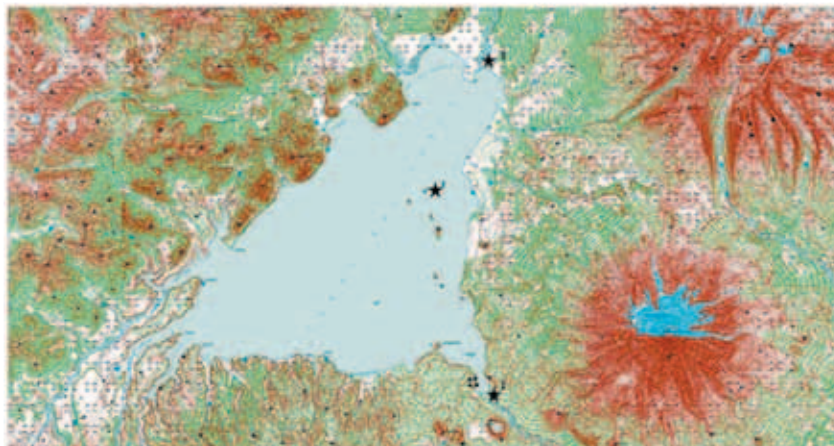
### **Материалы и методы исследований**

При выделении синоптических периодов использовались следующие материалы:

- приземные карты погоды, предоставленные Камчатским УГМС;
- карты абсолютной барической топографии (АТ 700), предоставленные Камчатским УГМС;

- космические снимки облачности по данным ИСЗ NOAA;
- аэрологические диаграммы для Петропавловска-Камчатского (<http://weather.uwyo.edu/upperair/sounding.html>);
- временной ход основных метеовеличин, полученный с помощью автоматической метеорологической станции (АМС), установленной на кордоне Исток.

Наблюдения на Кроноцком озере выполнялись в период с 9 июля по 24 августа 2012 г. с помощью трех АМС модели DavisVantagePro 2, установленных в различных частях озера (рис. 1) и проводящих измерения метеорологических величин с дискретностью 5 минут. В базовой точке на кордоне Исток проводились регулярные наблюдения за явлениями погоды и облачностью и измерения суммарной солнечной радиации с помощью датчика LiCor. Были выполнены три гидрологические съемки, которые в числе многих характеристик позволили получить вертикальные профили температуры воды в озере в нескольких точках (около 20). По причине отсутствия прямых измерений турбулентных потоков над поверхностью воды представляется физически оправданным расчет этих переменных с помощью численной модели водоема. В роли такой модели выступала одномерная гидротермодинамическая модель LAKE, разрабатываемая в Научно-исследовательском вычислительном



**Рис. 1.** Топографическая карта исследуемого района и расположение АМС:  
1 – кордон Исток, 2 – о. Державина, 3 – р. Лиственничная

центре (НИВЦ) МГУ. Данная модель применялась ранее при изучении термодинамики водоемов суши (Степаненко, 2005), в составе атмосферной модели – мезомасштабных циркуляций над гидрологически неоднородной поверхностью (Сергеев, Степаненко, 2012), генерации, переноса и стока метана в термокарстовых озерах (Степаненко и др., 2011).

### **Результаты и их обсуждение**

*Обзор синоптических условий в период инструментальных наблюдений (09.07.2012–24.08.2012)*

В течение инструментальных метеорологических наблюдений на кордоне Исток преобладали антициклональные условия погоды, наиболее ярко выраженные в период с 13 по 19 июля, когда Камчатка находилась под влиянием отрога Северо-Тихоокеанского антициклона. Именно в этот синоптический период была отмечена максимальная температура воздуха за всё время экспедиции, равная 24,2 °С (15 июля).

Следующим по продолжительности синоптическим периодом в антициклональном барическом поле является период с 5 по 10 августа, когда территория Камчатки вновь находилась под влиянием гребня Северо-Тихоокеанского антициклона, только на этот раз его центр находился не над Беринговым морем, а южнее (в районе 50° с. ш.). Этот период характеризуется наибольшей повторяемостью адвективных туманов на Кроноцком озере (Кондратюк, 1976).

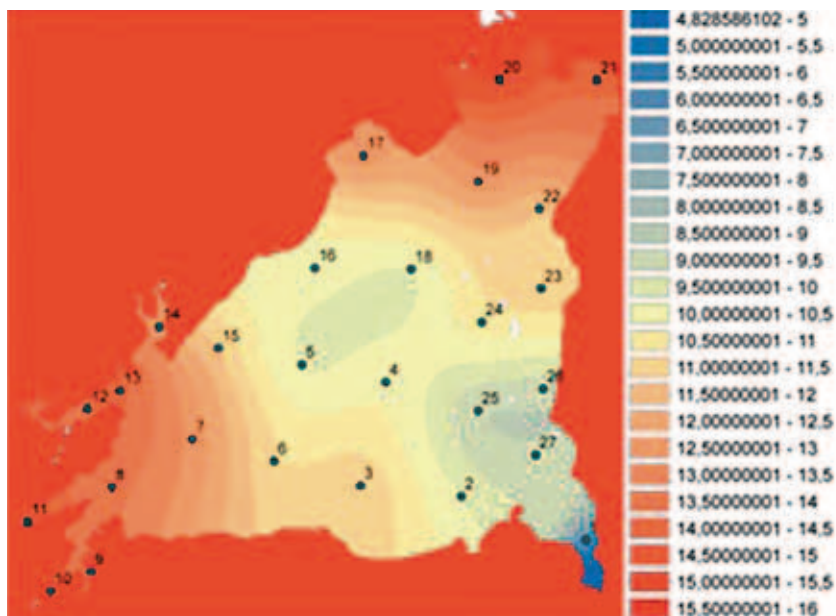
Наиболее продолжительным периодом с циклональными условиями погоды является период с 30 июля по 4 августа, когда над территорией Камчатки прошла серия из двух циклонов с промежуточным антициклоном. Один из этих циклонов возник на волне стационарного до этого арктического фронта, с которым связано выпадение максимального количества осадков за весь период экспедиции (15 мм из 31 мм за весь период).

#### *Тепловой режим озера*

На локальном масштабе метеорологические условия во многом определяют термическим режимом Кроноцкого озера. Поэтому необходимо оценить динамику температуры и потоков тепла на поверхности водоема.

Результаты измерений температуры озера показали, что в озере четко выделяется холодная и теплые части (рис. 2). Однако описанная ситуация наблюдается только в первой половине лета, а затем термические контрасты ослабевают. Уже в последней декаде августа

разница температуры поверхности между теплой и холодной частями имеет порядок десятых долей градуса. Выравнивание температуры, по-видимому, для оз. Кроноцкого повторяется из года в год, поэтому одна из задач данной работы – попытка воспроизвести это явление с помощью математической модели.



**Рис. 2.** *Распределение температуры поверхности Кроноцкого озера 16.07.2012*

Предположение, подтверждаемое данными наблюдений, о том, что горизонтальные градиенты физических величин в водоеме намного меньше вертикальных, позволяет провести два эксперимента отдельно для теплого и холодного «ядра» озера. Сравнив результаты с данными последующих гидрологических съемок, можно оценить ошибку, связанную с горизонтальным переносом, который в одномерной модели не учитывается.

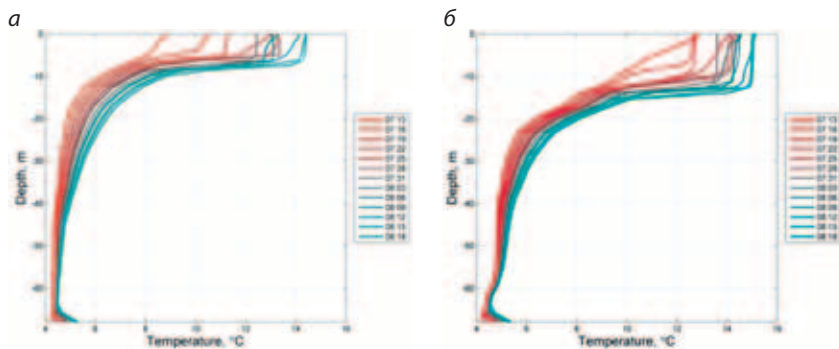
В этом случае большое значение приобретает воздействие атмосферы через верхнюю границу модельной области (водоема). Модель LAKE



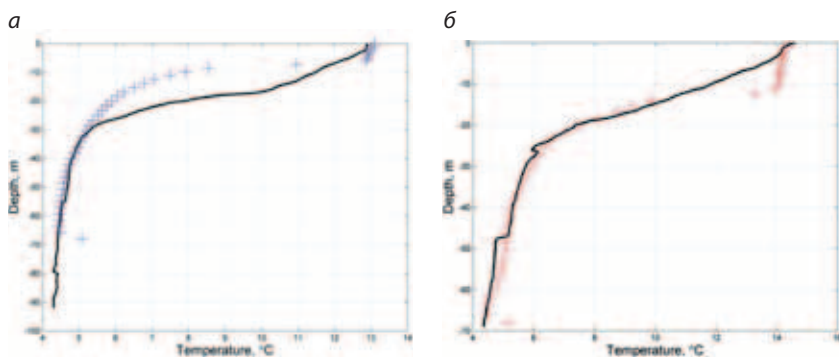
использует для граничных условий временные ряды следующих метеорологических величин: температура воздуха (К), удельная влажность (кг/кг), давление (Па), суммарная солнечная радиация ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ), компоненты горизонтальной скорости ветра (м/с), осадки (м/с), излучение атмосферы ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ ). Почти все перечисленные величины были получены с помощью АМС, их временная дискретность составила 5 мин. Холодной и теплой частям озера соответствуют разные метеостанции: для холодного ядра максимально репрезентативной является АМС на кордоне Исток, для теплого – АМС в устье р. Лиственничная. Однако ввиду прерывности рядов наблюдения вместо данных последней АМС были взяты данные с о. Державина. На нижней границе слоя грунта потоки тепла и влаги принимаются равными нулю. На границах слоев «вода-почва» используется условие непрерывности температуры и потока тепла.

В качестве начальных данных о профиле температуры использовались результаты первой гидрологической съемки, проведенной в середине июля (16.07). В начале метеорологических наблюдений разница температуры верхнего слоя между разными частями озера отличается почти на  $4,5\text{ }^\circ\text{C}$ , постепенно приближаясь к нулю на глубине 60–70 м. Начальный профиль солености был принят равным нулю, поскольку озеро является пресноводным.

Время интегрирования модели LAKE в каждом из экспериментов составило чуть более 38 суток: с 13 июля по 20 августа 2012 года. По мере радиационного нагрева и турбулентного перемешивания верхнего слоя озера образуется эпилимнион – хорошо перемешанный слой, в котором наблюдается изотермия. Согласно результатам моделирования (рис. 3а, б) толщина эпилимниона в теплой части озера составляет около 13 м, в холодной части – около 8 м. Ниже эпилимниона находится слой резкого понижения температуры – металимнион (термоклин). Перепад температуры в этом слое составляет 8–10  $^\circ\text{C}$ . Сравним результаты моделирования с данными о температуре воды, полученными в ходе второй гидрологической съемки, которая была проведена 4 августа 2012 г. (рис. 4). В обоих экспериментах модель неточно воспроизводит слой термоклина. В случае теплого ядра различия на глубине 15 м составляют 3  $^\circ\text{C}$ . В случае же холодного ядра термоклин находится на несколько метров выше, чем в действительности, а разница температур на глубине 15 м достигает почти 5  $^\circ\text{C}$ . Причиной этому, по-видимому, является неточное задание параметров модели, отвечающих за турбулентное перемешивание, особенно в условиях ветроволнового воздействия.

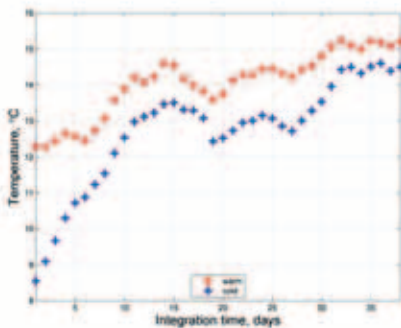


**Рис. 3.** Вертикальные профили температуры (12 час.) в период интегрирования с интервалом 4 суток: а – холодная часть, б – теплая часть



**Рис. 4.** Вертикальный профиль температуры по данным моделирования (пунктир в виде плюсов): а – холодная часть, б – теплая часть. Черная кривая показывает профиль, полученный по данным 2-й гидрологической съемки 4 августа

Динамика температуры поверхности холодной и теплой частей озера (рис. 5) содержит периоды колебаний, характерные для синоптической изменчивости. Поэтому далее будет рассмотрена изменчивость потоков тепла относительно той или иной синоптической ситуации, господствовавшей в районе проведения исследований.

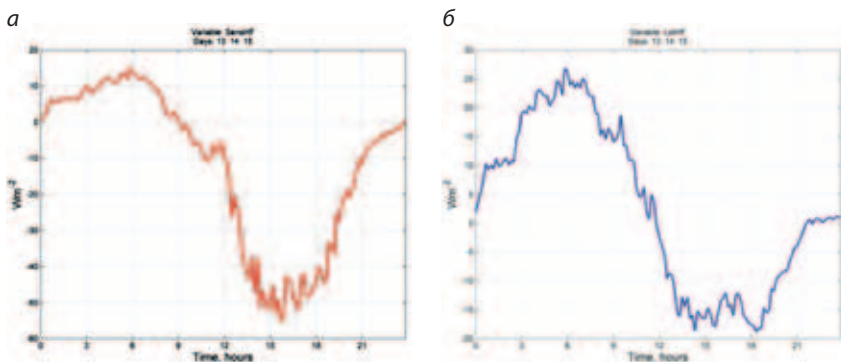


**Рис. 5.** Среднесуточные значения температуры поверхности теплой (красная кривая) и холодной (синяя кривая) частей озера

1) Отроги Северо-Тихоокеанского антициклона

В начале интегрирования модели отличие поверхностной температуры одной части озера от другой составляло почти 4 °С. В течение первых двух недель модель показывает повышение температуры холодной части на 5 °С, а теплой – на 2 °С. Рост температуры объясняется усилением притока солнечной радиации благодаря влиянию отрога Северо-Тихоокеанского максимума. Первые трое суток его влияние было наиболее сильно, что проявляется в суточном ходе температуры воды и вышележащего слоя воздуха.

На рисунке 6 представлен средний суточный ход потоков тепла на поверхности озера в период 13–15 июля. Эти переменные в модели



**Рис. 6.** Суточный ход потоков явного (а) и скрытого (б) тепла, осредненный по трем первым суткам интегрирования

определяются аналогично общепринятому в метеорологии принципу: положительные значения означают поток тепла вверх. Ночью достигается максимум потока как явного ( $15 \text{ Вт/м}^2$ ), так и скрытого тепла ( $27 \text{ Вт/м}^2$ ), связанный с тем, что температура поверхности воды выше, чем температура приземного слоя воздуха. В дневные часы наблюдается обратная ситуация, и величина потоков имеет минимум ( $-55 \text{ Вт/м}^2$  и  $-15 \text{ Вт/м}^2$  соответственно).

Затем, с 16 по 22 июля, влияние периферии субтропического антициклона еще сохраняется, и преобладают юго-восточные ветра. Они часто являются причиной адвекции тумана на Кроноцкое озеро, что чаще всего происходит в ночное время суток. Будучи достаточно плотным, туман нарушает суточный ход баланса радиации на поверхности и суточную динамику турбулентных потоков тепла, сглаживая вертикальный градиент температуры между атмосферой и озером.

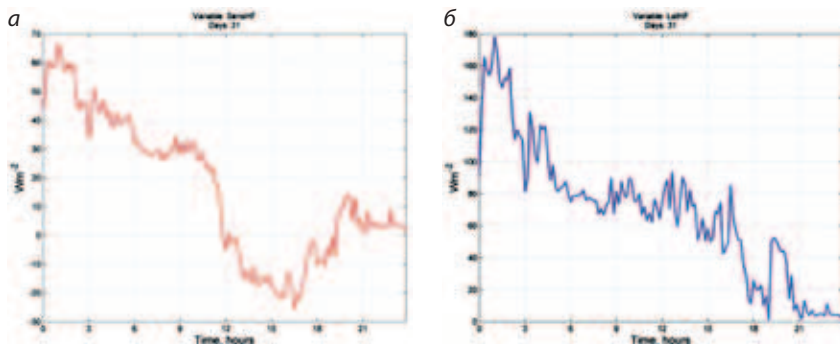
В течение остального периода модель показывает, что величина турбулентного потока влаги почти всегда положительна. Одна из причин – прогрев верхних слоев озера и увеличение интенсивности испарения.

## 2) Камчатский циклон

В конце июля седловина, господствующая в барическом поле над Камчаткой, сменяется слабым циклоном, выделившимся из ложбины над Охотским морем. С 29 по 31 июля этот циклон, набирая силу, пересекает полуостров, и 31-го числа Кроноцкое озеро находится в его тыловой части. Ночью с 30 на 31 июля модель показывает максимум турбулентных потоков тепла, особенно ярко выраженный у потока влаги ( $179 \text{ Вт/м}^2$ ). Данный скачок появляется благодаря тому, что локальный минимум удельной влажности совпадает с максимумом скорости ветра (более  $7 \text{ м/с}$ ), что связано с увеличением барического градиента синоптического масштаба. Суточный ход потоков тепла для 31.07 представлен на рис. 7.

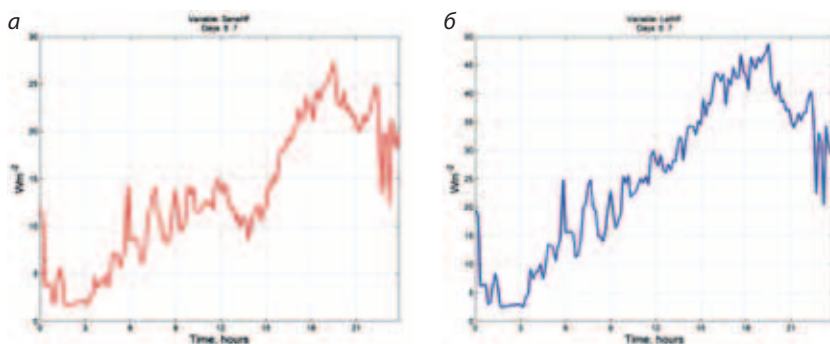
## 3) Размытое барическое поле с высокой повторяемостью туманов

Большой интерес представляет собой период с 5 по 8 августа, в течение которого Кроноцкий заповедник подвергался влиянию воздушных масс с юга и юго-востока. Ветер этого направления, усиленный бризовым эффектом, постоянно приносил на озеро туманы, которые заметно сказались на динамике температуры и относительной влажности воздуха. Понижение температуры вследствие уменьшения потока суммарной радиации отражается и в результатах моделирования температуры



**Рис. 7.** Суточный ход потоков явного (а) и скрытого (б) тепла.  
Дата: 31 июля 2012 г.

поверхности (рис. 6). Типичный суточный ход турбулентных потоков тепла на поверхности водоема можно видеть на рисунке 8. Графики демонстрируют суточный ход, противоположный тому, что наблюдался при ясной антициклонической погоде в середине июля. Потоки все время направлены из водоема в атмосферу, при этом амплитуда колебаний потока явного тепла уменьшается до  $25 \text{ Вт/м}^2$ , а скрытого тепла – до  $45 \text{ Вт/м}^2$ . Такой характер динамики потоков тепла можно объяснить низкой температурой воздуха (в эти дни она не достигает  $15^\circ\text{C}$ ), и, следовательно, развитием неустойчивой стратификации во второй половине дня.



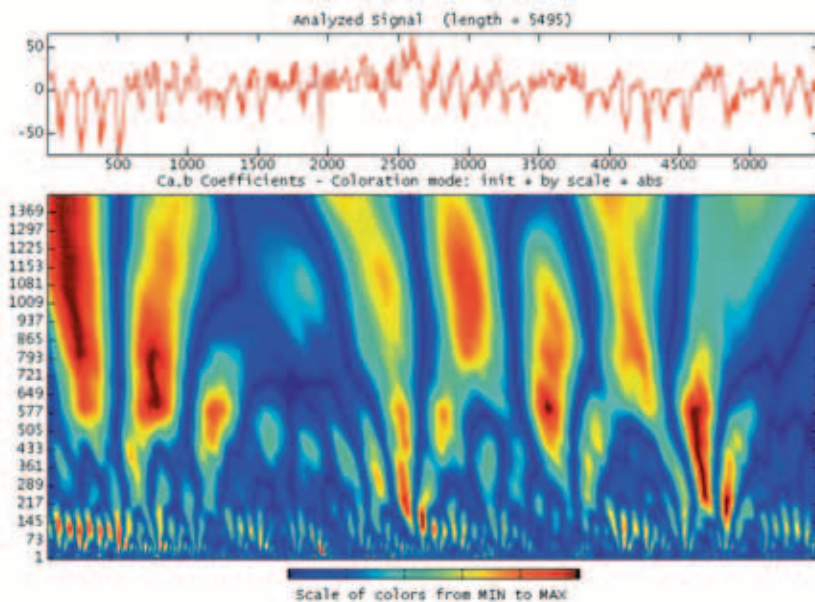
**Рис. 8.** Суточный ход потоков явного (а) и скрытого (б) тепла, характерный для 6–7 августа

Рассмотрев важнейшие особенности временной изменчивости температуры водоема и потоков тепла в атмосферу, сделаем некоторые выводы. К важнейшим факторам, определяющим интенсивность теплообмена воды и атмосферы в данном случае, можно отнести температуру и относительную влажность приземного слоя воздуха, а также скорость ветра. Кроме того, очень большую роль играют адвективные туманы, в целом подавляющие турбулентность на границе воздух–вода. Некоторые статистические данные о потоках тепла и температуры приведены в таблице 1.

**Таблица 1.** *Некоторые значения термических параметров водоема*

Переменная	Максимум за весь период интегрирования	Среднесуточный максимум	Минимум за весь период интегрирования	Среднесуточный минимум
Температура поверхности, °С	15,7	13,9	10,0	13,1
Поток явного тепла, Вт/м <sup>2</sup>	67	15	-75	-15
Поток скрытого тепла, Вт/м <sup>2</sup>	179	32	-39	16

Чтобы представить характерные временные масштабы колебаний турбулентных потоков тепла, для них были построены скейлограммы вейвлет-преобразования (рис. 9). Преобразование сделано для переменной с дискретностью 10 мин. Несмотря на это можно видеть, что на спектре выделяются отдельные характерные масштабы флуктуаций потока. Наименьшие (расположены в нижней части изображения) имеют временной масштаб до 150 минут, что соответствует суточной изменчивости. Помимо этого можно отметить колебания с масштабам порядка 5000 и более минут, что соответствует смене синоптических условий.

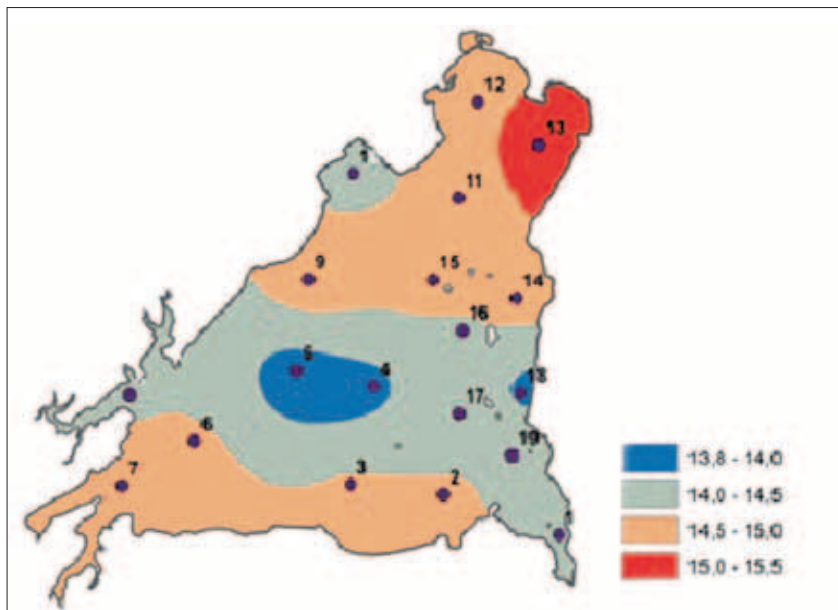


**Рис. 9.** Скайлограммавейвлет-преобразования колебаний потока явного тепла за период интегрирования. По вертикальной оси отложен временной масштаб колебаний, по горизонтальной – время

### **Заключение**

Сравнение данных гидрологических съемок с результатами численных экспериментов показывает, что тепловой режим Кроноцкого озера как характерного представителя горных озер высоких широт неплохо воспроизводится с помощью даже одномерной гидротермодинамической модели.

В качестве доказательства можно обратить внимание на рисунок 5, представляющий собой межсуточные колебания температуры поверхности водоема. К концу периода интегрирования, соответствующему 20 августа, изменения температуры «холодного» и «теплого» ядра затухают, и температура обеих частей выравнивается на отметке 14,5–15,0 °С. Такие результаты очень близки к данным третьей гидрологической съемки, проведенной в начале третьей декады августа (рис. 10).



*Рис. 10. Распределение температуры поверхности оз. Кроноцкого по данным третьей гидрологической съемки*

Хуже модель LAKE воспроизводит слой турбулентного перемешивания, завышая значения его протяженности по вертикали, что, по-видимому, объясняется неточностью задания коэффициентов турбулентности.

Величина турбулентных потоков тепла между озером и атмосферой требует сопоставления с более точными измерениями. В дальнейшей работе над данным исследованием предполагается измерение потоков тепла над поверхностью озера методом ковариаций пульсаций.

### **Благодарности**

Авторы выражают глубокую благодарность Г. Н. Маркевичу, Л. А. Анисимовой и А. В. Дебольскому за организацию экспедиции и помощь в проведении измерений.



## **Литература**

*Кондратюк, В. И.* Климат Камчатки / В. И. Кондратюк. – М. : Гидрометеиздат. – 1976. – 204 с.

*Сергеев, Д. Е.* Параметризация мезомасштабных потоков явного тепла и метана в регионе Западной Сибири / Д. Е. Сергеев, В. М. Степаненко // ENVIROMIS-2012. Избр. гл. – 2012. – С. 63–65.

*Степаненко, В. М.* Моделирование эмиссии метана из озёр зоны вечной мерзлоты / В. М. Степаненко, Е. Е. Мачульская, М. В. Глаголев, В. Н. Лыкосов // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. – 2011. – Т. 47. – № 2. – С. 275–288.

*Степаненко, В. М.* Численное моделирование мезомасштабного взаимодействия атмосферы и гидрологически неоднородной суши / В. М. Степаненко, П. М. Миранда, В. Н. Лыкосов // Вычислительные технологии. – 2006. – Т. 11 – Ч. 3. – С. 118–127.

*Степаненко, В. М.* Численное моделирование термического режима мелких водоемов / В. М. Степаненко // Вычислительные технологии. – 2005. – Т. 10. – Ч. 1. – С. 100–106.

## **ОЦЕНКА ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ВОСТОЧНОГО ПОБЕРЕЖЬЯ КАМЧАТКИ**

*М. И. Варенцов, В. М. Степаненко*

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова*

*e-mail: mvar91@gmail.com*

**Ключевые слова:** Ветровая энергетика, ветроэнергетический потенциал, Кроноцкий заповедник, Семячик, Кроноки, мыс Лопатка

## **Введение**

Данное исследование посвящено оценке ветроэнергетических ресурсов восточного побережья Камчатки и, в частности, Кроноцкого заповедника. Этот район является наиболее благоприятным для развития ветровой энергетики на Камчатке (Дмитриев, 2006), и одним из самых перспективных в России. При этом использование ВЭС (ветряных электростанций) могло бы в значительной степени решить энергетические проблемы региона, в том числе проблемы обеспечения энергией малых поселков, а также научных баз и метеорологических станций.

### Материалы и методы исследования

Для изучения и проведения оценки ветроэнергетического потенциала в данном исследовании были выбраны следующие точки:

- метеорологические станции «Кроноки» и «Семячик», расположенные на территории Кроноцкого заповедника, а также станции «Петропавловск-Маяк», «Водопадная» и «Мыс Лопатка» – для них в Камчатском УГМС были получены данные стандартных наблюдений за 2000–2010 гг. (скорость ветра измерялась раз в 3 часа на высоте 10 м);

- кордон Кроноцкого заповедника «Исток» и остров Державина в Кроноцком озере, где проводились экспедиционные измерения кафедры метеорологии и климатологии географического факультета МГУ с помощью автоматических метеорологических станций Davis Vantage Pro 2 (скорость ветра измерялась каждые 5 минут на высоте 2 м); данные были доступны для лета 2011 года.

В качестве оценки ветроэнергетического потенциала использовалась величина среднегодовой удельной мощности воздушного потока (Игнатъев, Киселева, 2010):

$$\bar{W} = \int_0^{\infty} W(u) p(u) du, \quad (1)$$

где  $p(u)$  – функция распределения плотности вероятности скорости ветра,

$$W(u) = \rho \frac{u^3}{2} \quad (2)$$

– мгновенная удельная мощность потока при скорости  $u$  и  $\rho$  – плотность воздуха. Существуют различные способы представления функции  $p(u)$ , самый простой из которых – эмпирический, основан на разбиении числовой оси на определённые интервалы и подсчете эмпирических вероятностей попадания значений скорости ветра в каждый из этих интервалов:

$$W(u) = \rho \frac{u^3}{2}, \quad (3)$$

где  $p_i$  – вероятность попадания скорости ветра в интервал между

значениями  $u_{i-1}$  и  $u_i$ ,  $N(u_{i-1} < u < u_i)$  – число наблюдений скорости ветра, попадающей в этот интервал,  $N_{\text{общ}}$  – общее число наблюдений. В таком случае ветроэнергетический потенциал может быть рассчитан как:

$$\bar{W} = \frac{1}{2} \rho \sum_{i=1}^M \left( \frac{u_{i-1} + u_i}{2} \right)^3 \cdot p_i. \quad (4)$$

В ходе данного исследования для оценки ветроэнергетического потенциала была выбрана высота 10 м, на которой проводятся стандартные метеорологические наблюдения скорости ветра, и которая является типичной для маломощных ВЭС. При этом возникла задача приведения скорости ветра, измеренной с помощью АМС на высоте 2 м, к высоте 10 м. Для ее решения использовалось уравнение логарифмического профиля ветра, согласно которому скорость ветра на высоте  $Z$  рассчитывается как:

$$u(z) = \frac{u_*}{\kappa} \ln \frac{z}{z_0}, \quad (5)$$

где  $\kappa = 0.4$  – постоянная Кармана,  $z_0$  – параметр шероховатости подстилающей поверхности, для которого бралось значение 0.1 м, типичное для характерной растительности, представленной кустарниками

и отдельными низкорослыми деревьями,  $u_* = \sqrt{\frac{\tau}{\rho}}$  – динамическая

скорость ветра,  $\tau$  – вертикальный поток импульса. Строго говоря, формула (5) справедлива для нейтрально стратифицированного приземного слоя. Но сравнение результатов, полученных с ее помощью, с расчетами по более сложным формулам, учитывающим стратификацию на основе теории подобия Мони́на-Обухова, показало пренебрежимо малую разницу между двумя методами.

### Результаты и их обсуждение

Для метеостанций, представленных десятилетними наблюдениями, были рассчитаны средние за весь период значения ветроэнергетического потенциала, а также его средние зимние (декабрь–март) и летние

(июль–сентябрь) значения. Результаты представлены на рисунке 1, где хорошо видна разница между станцией «Кроноки» и остальными станциями, а также между летними и зимними значениями ветроэнергетического потенциала. Слабые ветра на станции «Кроноки» можно объяснить влиянием орографии: Кроноцкая сопка закрывает станцию от преобладающих северных и северо-восточных ветров. Сезонные различия связаны, предположительно, с меньшим значением параметра шероховатости зимой. Между зимними, летними и среднегодовыми значениями была установлена довольно четкая линейная зависимость (рис. 2).

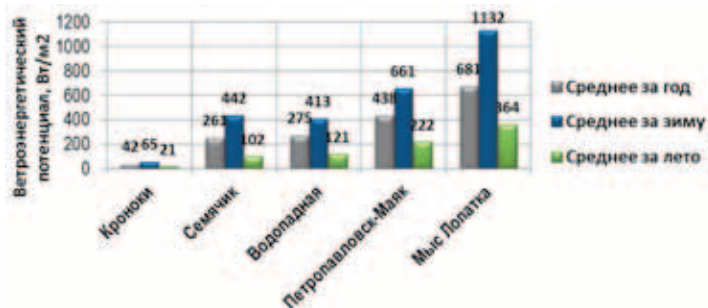


Рис. 1. Сравнения среднегодовых, летних и зимних значений ветроэнергетического потенциала для пяти метеостанций восточного побережья Камчатки, рассчитанные за 2000–2010 гг.

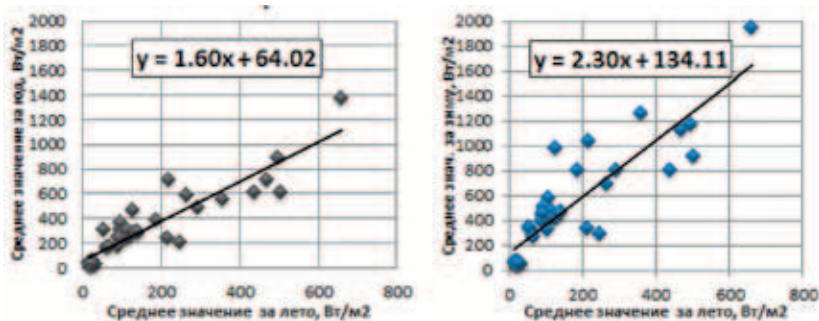
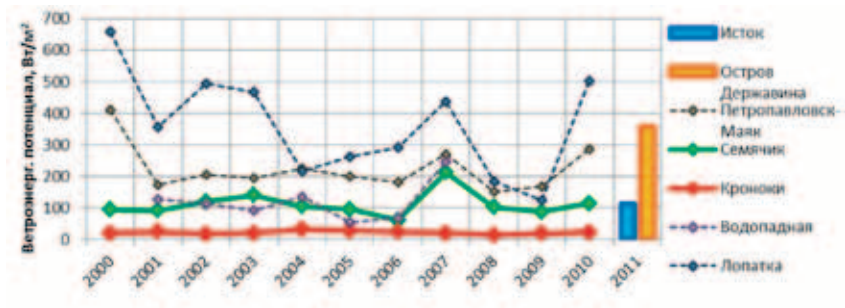


Рис. 2. Зависимость между зимними, летними и среднегодовыми значениями ветроэнергетического потенциала для восточного побережья Камчатки

Также были рассчитаны ветроэнергетические потенциалы для расположенных в заповеднике точек «Исток» и «Остров Державина», где были установлены АМС. Важно понимать, что для точек с АМС оценка сделана за одно лето 2011 года, а для перечисленных выше метеостанций – за 2000–2010 годы. Поэтому корректно сравнивать эти величины нельзя, однако, если сравнивать ветроэнергетический потенциал Истока и Острова Державина со значениями ветроэнергетического потенциала для метеостанций, рассчитанными за июль–сентябрь каждого года, можно оценить, как соотносятся характерные значения величин. Данное сравнение представлено на рисунке 3.



**Рис. 3.** Динамика ветроэнергетического потенциала, рассчитанного за июль–сентябрь для пяти метеорологических станций и для точек «Исток» и «Остров Державина» за июль–сентябрь 2011 г.

На рисунке 3 видно, что межгодовая изменчивость ветроэнергетического потенциала метеостанций имеет место, однако для каждого года они выстраиваются по рангу примерно одинаковым образом: наименьший потенциал у станции «Кроноки» (среднее значение 21 Вт/м<sup>2</sup>), затем следуют «Семячик» (111 Вт/м<sup>2</sup>) и «Водопадная» (119 Вт/м<sup>2</sup>), затем «Петропавловск-Маяк» (223 Вт/м<sup>2</sup>), затем «Мыс Лопатка» (323 Вт/м<sup>2</sup>). На основании этого сравнения пять рассмотренных метеостанций можно разделить на три группы: с низким ветроэнергетическим потенциалом («Кроноки»), средним («Семячик» и «Водопадная») и высоким («Петропавловск-Маяк» и «Мыс Лопатка»).

Летние значения ветроэнергетического потенциала для точек Исток и Остров Державина составили, соответственно, 112 и 357 Вт/м<sup>2</sup>. Таким

образом, Исток попадает в группу со средним ветроэнергетическим потенциалом, а остров Державина – в группу с высоким потенциалом. На основании установленной зависимости (рис. 2) можно также сделать грубую оценку зимних и среднегодовых значений ветроэнергетического потенциала: они, соответственно, для «Истока» составят 391 Вт/м<sup>2</sup> и 243 Вт/м<sup>2</sup>, а для «Острова Державина» – 955 Вт/м<sup>2</sup> и 635 Вт/м<sup>2</sup>.

Следующим этапом исследования стал переход от ветроэнергетического потенциала к эффективности и особенностям работы реальных ветроэнергетических генераторов. Главным отличием здесь стала, во-первых, различная высота установки турбины у разных моделей генераторов, и, во-вторых, нарушение степенной зависимости вырабатываемой мощности от скорости ветра: в реальности она более сложная, с ростом скорости ветра мощность растёт лишь до некоторого предела, а затем снижается. Кроме того, турбины начинают работать лишь при скорости ветра выше определенного порога.

Таким образом, была поставлена задача моделирования выработки мощности набором выбранных турбин для разных точек Кроноцкого заповедника с целью оценки эффективности их работы и выбора оптимальной комбинации турбин для каждой из точек. Для сравнения, аналогичные расчеты были выполнены для мыса Лопатка. При этом использовались характеристики нескольких турбин китайского производителя ExMork (<http://exmork.com/>), приведенные в таблице 1.

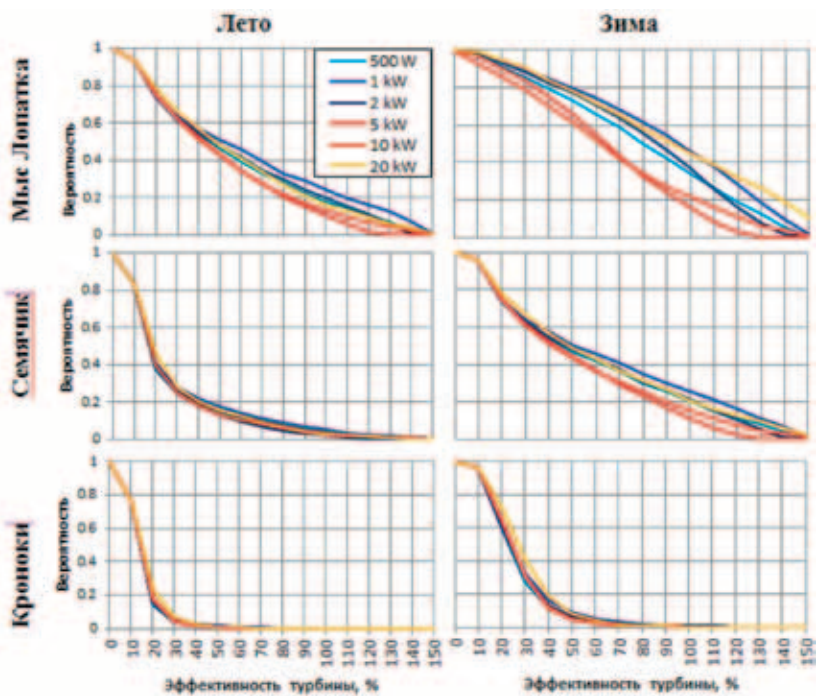
**Таблица 1.** Характеристики турбин ExMork, использованные в расчетах мощности ВЭС

Номинальная мощность турбины, Вт	Максимальная мощность турбины, Вт	Высота установки турбины, м	Минимальная скорость ветра, м/с	Вес турбины, кг
5 00	700	6	2,5	46
1 000	1 500	9	2,5	70
2 000	2 800	9	2,5	68
5 000	8 000	12	2,5	357
10 000	15 000	15	2,5	1 250
20 000	31 000	18	2,5	1 496

Подобные расчеты были проведены для метеостанций «Семячик», «Кроноки», а также «Мыс Лопатка» за весь доступный для этих станций период наблюдений. С учетом того, что ветроэнергетические установки снабжены аккумулятором, рассматривались осредненные за сутки значения мощности. При этом ветер по логарифмическому профилю приводился на высоту установки, а мощность турбины при данной скорости ветра рассчитывалась путем линейной интерполяции значений, снятых с графиков из документации с шагом 2 м/с по оси скорости ветра. В качестве оценки эффективности работы турбин использовалось отношение расчетной мощности, вырабатываемой турбиной при данной скорости ветра, к номинальной заявленной мощности. Для рассматриваемых метеостанций были построены распределения вероятности работы турбины с эффективностью, не меньшей, чем заданная (рис. 4.), а также рассчитаны средние значения эффективности по сезонам года (табл. 2).

**Таблица 2.** Средняя за год, за лето и за зиму эффективность (%) различных турбин для мыса Лопатка и точек в Кроноцком заповеднике (жирным выделены наиболее эффективные турбины)

Мощность турбины, Вт	«Кроноки»			«Семячик»			«О. Дер-жавина»	«Исток»	«Мыс Лопатка»		
	Год	Зима	Лето	Год	Зима	Лето	Лето	Лето	Год	Зима	Лето
500	10	16	5	30,5	47,5	17,5	47,5	20,5	56	69	45,5
<b>1 000</b>	<b>11</b>	<b>17,5</b>	<b>5</b>	<b>34</b>	<b>52,4</b>	<b>19,5</b>	<b>54,5</b>	<b>24,5</b>	<b>64</b>	<b>79,5</b>	<b>52</b>
2 000	10,5	16,5	5	31	47,5	18	49,5	22,8	58	71,5	47
5 000	10,5	16,5	5,5	27	40,5	16	42,5	21,8	46	53,5	39,5
10 000	10,5	16,5	5,5	28,5	43	17	45,5	22	46,5	51	41
<b>20 000</b>	<b>12,5</b>	<b>19,5</b>	<b>6,5</b>	<b>32,5</b>	<b>50</b>	<b>19</b>	<b>49,5</b>	<b>26</b>	<b>61,5</b>	<b>81,5</b>	<b>47</b>



**Рис. 4.** Распределение вероятностей работы турбин с эффективностью больше заданной для метеостанций «Мыс Лопатка», «Кроноки» и «Семячик»

Анализируя средние значения эффективности, а также вид кривых вероятностного распределения, можно сделать ряд выводов:

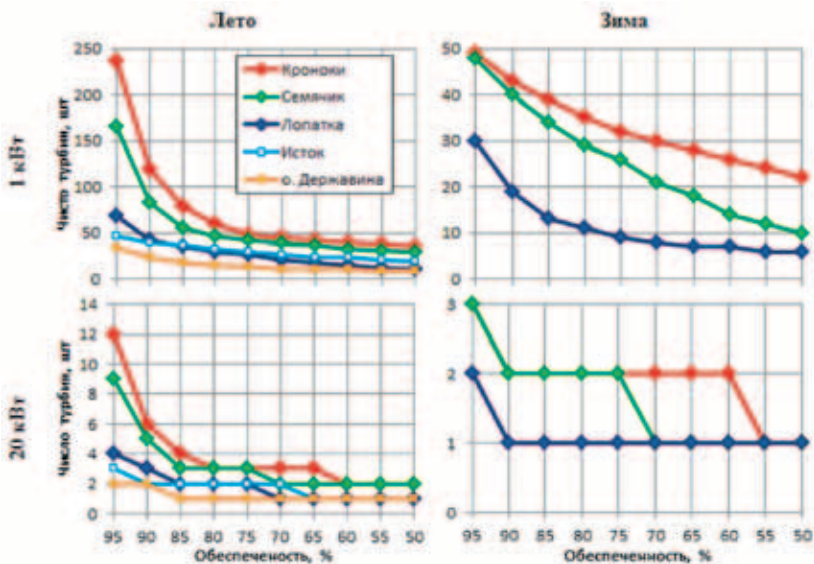
- Наиболее эффективно во всех случаях работали бы турбины с номинальными мощностями 1 и 20 кВт. При этом турбина с мощностью 20 кВт оказалась бы эффективнее при малых ветрах (в случае станции «Кроноки») или при очень сильных (станция «Мыс Лопатка» зимой). Во всех остальных случаях наиболее эффективно работала бы турбина с мощностью 1 кВт.
- Во всех случаях у турбины с мощностью 20 кВт за счет большей высоты установки наименьшая вероятность работы с малой эффективностью (менее 30–40 %).
- По эффективности работы турбин станции выстраиваются так же, как и по ветроэнергетическому потенциалу, однако относительные



различия между ними меньше. Так, если среднегодовые ветроэнергетические потенциалы станций «Кроноки» и «Мыс Лопатка» различается в 16 раз, то средние значения эффективности работы 20-киловаттной турбины – менее чем в 6 раз.

- Зимой во всех точках эффективность выше, чем летом, однако относительные сезонные различия везде, кроме Кронок, меньше, чем сезонные различия ветроэнергетического потенциала.

Таким образом, было показано, что связь эффективности работы турбин с ветроэнергетическим потенциалом сложна и нелинейна. Поэтому решение прикладных задачи энергообеспечения требует учета особенностей реальных турбин. В качестве примера была решена задача обеспечения мощности 5 кВт: было рассчитано, сколько для этого потребуется ветроэнергетических установок (рассматривались наиболее эффективные однокиловаттные и 20-киловаттные турбины) для разных квантилей обеспеченности, то есть вероятностей, с которой требуемая мощность будет обеспечена. Результаты приведены на рис. 5. Видно, что



**Рис. 5.** Результаты расчётов количества турбин, необходимого для генерации мощности 5000 Вт с различными квантилями обеспеченности зимой и летом для м. Лопатка и точек в Кроноцком заповеднике

при росте требуемой обеспеченности до 80–85 % число турбин растет линейно и относительно медленно, а далее, особенно для летнего периода, требуемое число турбин резко увеличивается для Кронок и Семячика, а для м. Лопатка, Истока и о. Державина этого не происходит. Зимой, напротив, наиболее резкий рост на данном отрезке наблюдается для мыса Лопатка.

### **Заключение**

Обобщая полученные результаты, можно сделать вывод, что среди рассмотренных точек максимальные значения ветроэнергетического потенциала имеют те из них, которые со всех или почти со всех сторон окружены водным пространством: это мыс Лопатка, омываемый водами Охотского моря и Тихого океана, остров Державина среди вод Кроноцкого озера, маяк в Петропавловске-Камчатском. Кроноцкий заповедник при этом имеет еще больший потенциал, чем восточное побережье Камчатки в целом, так как располагает не только ветроэнергетическими ресурсами океанического побережья, но и побережья Кроноцкого озера.

Столь значительный ветроэнергетический потенциал может быть использован для энергоснабжения. Было показано, что даже средствами маломощных турбин могут быть обеспечены энергией удаленные прибрежные метеорологические станции, кордоны и пр. Так, летом ветровые генераторы разумно использовать как основной источник энергии для м. Лопатка, Истока и о. Державина и как дополнительный – для Кронок и Семячика. Зимой же их можно использовать как основной источник энергии для всех рассмотренных в ходе данной работы точек.

### **Литература**

*Дмитриев, Г. С.* Проблемы и возможные решения внедрения возобновляемых источников энергии в современную структуру электроснабжения Камчатской области (на примере ветроэнергетики) / Г. С. Дмитриев // Развитие возобновляемых источников энергии в России: возможности и практика (на примере Камчатской области). – М. : ОМННО «Совет Гринпис», 2006. – 92 с.

*Игнатьев, С. Г.* Развитие методов оценки энергетического потенциала и расчета производительности ветроустановок / С. Г. Игнатьев, С. В. Киселева // Альтернативная энергетика и экология. – М. : Научно-технический центр «ТАТА». – № 10 (90). – 2010. – С. 8–13.

---

## ИЗУЧЕНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ ООПТ

### КАРЛИКОВАЯ РУЧЬЕВАЯ МАЛЬМА *SALVELINUS MALMA* W. (SALMONIDAE) ИЗ ТЕРМАЛЬНОЙ РЕКИ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ОКОНЕЧНОСТИ КАМЧАТКИ

Е. В. Есин

Всероссийский научно-исследовательский институт  
рыбного хозяйства и океанографии;

ФГБУ «Кроноцкий государственный заповедник»

e-mail: esinevgeniy@yandex.ru

**Ключевые слова:** гольцы *Salvelinus*, мальма *S. malma*, карликовый морфотип, развитие, морфология, термальный ручей, Южно-Камчатский федеральный заказник, Камчатка

#### Введение

Фауна лососевых рек Камчатки характеризуется узкой зоной температурного оптимума, т. к. в своем происхождении она связана с холодными ледниковыми рефугиумами. Опубликованные данные (Armour, 1991; Bjornn, Reiser, 1991) указывают на повышение частоты аберраций развития лососевых рыб (Salmonidae) уже при 15–16 °С. Для наиболее экологически пластичного лосося Пацифики – мальмы *Salvelinus malma* показано снижение конкурентоспособности в борьбе за места обитания при 13–14 °С. На южных границах ареала мальма исчезает из водотоков при температуре воды 14–16 °С (Пичугин и др., 2006). Хотя подобные данные для северного подвида с Камчатки отсутствуют, можно предположить, что он еще хуже адаптирован к летнему прогреву рек. В связи с этим определенный интерес представляют жилые группировки мальмы, весь жизненный цикл которых проходит

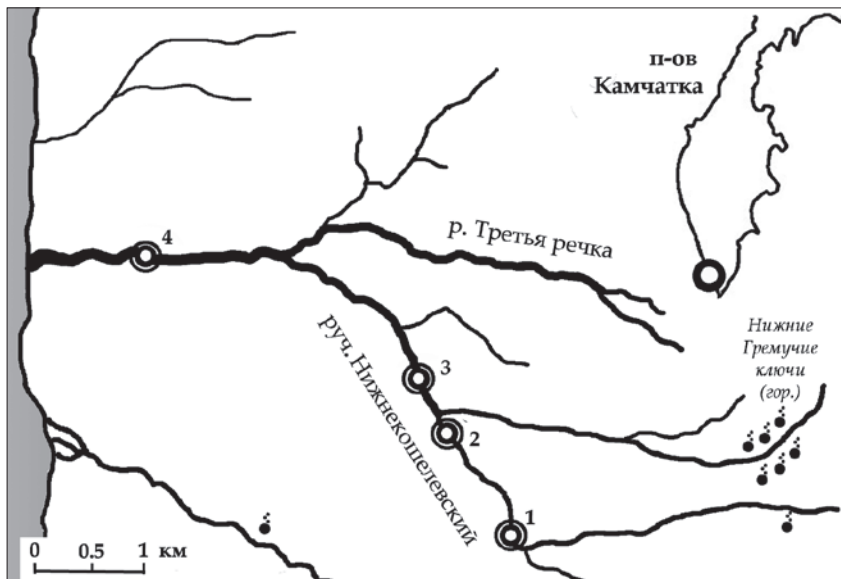
в термальных водотоках камчатского вулканического пояса. Обычно повышение средней температуры более чем на 10 °С вызывает деградацию сообществ лососевых рек (Woodward et al., 2009), но в реках с пограничными для холодолюбивых реофильных таксонов температурами могут возникать специализированные формы. Подобная уникальная форма карликовой мальмы была обнаружена в бассейне р. Третья речка, стекающей со склона Кошелевского вулкана на территории Южно-Камчатского заказника. Целью работы стало описание биологических особенностей жилой мальмы, успешно существующей при летних температурах 15–16 °С.

### **Материалы и методы исследований**

Материал собирали на всем протяжении бассейна р. Третья речка (рис. 1) с 15 по 25 августа 2012 года при стабильных погодных условиях (постоянная облачность) и межennem уровне вод. Все гидрологические измерения проводили согласно правилам, принятым в Гидрометеослужбе (Наставления... 1972). Элементный анализ (35 позиций) состава воды выполнили методами атомной абсорбции и пламенной эмиссии в лаборатории комплексного анализа химических соединений РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева. Рыбу на всем протяжении реки ловили сачками и вентерями. Всего было проанализировано 185 экз. мальмы, из них 13 половозрелых самок и 25 самцов из среднего течения. Разбор и анализ собранного материала провели по стандартным общепринятым методам.

### **Результаты и их обсуждение**

*Среда обитания.* Граница проникновения гольцов вверх по течению руч. Нижнекошелевский (участок 1, 420 м над ур. м.), проходила по системе водопадов в порожиисто-водопадном русле с уклоном 100 м/км. Перед впадением крупного термального притока (уч-к 2, 300 м над ур. м.) уклон уменьшается в 2 раза, появляются отмельные гравийно-песчаные прибрежья. В устье термального притока и сразу ниже в основном русле (уч-к 3, 250 м над ур. м.) донные отложения закрывает слой плотных глинистых наносов. В нижнем течении (уч-к 4, 60 м над ур. м.) река приобретает горное русло с неразвитыми аллювиальными формами, ширина потока составляет 10–12 м. Непреодолимых преград для анадромной миграции лососей нет.



**Рис. 1.** Схема сети водотоков бассейна реки Третья речка (участки сбора материала; выходы термальных вод)

Отепляющее воздействие термальных выходов в августе было заметно на всем участке обитания мальмы (табл. 1). В соседних бассейнах без гидротерм на высоте около 250 м над ур. м. поверхностные воды имели температуру 6,3–13,0 °С. Вода руч. Нижнекошелевский имела слабощелочную реакцию, от истока до устья была насыщена кислородом. Мутность после впадения термального притока повышалась в 8,5 раза. На всем протяжении ручья в воде была повышена концентрация 4 тяжелых металлов: меди, ванадия, свинца и цинка (табл. 1). Утвержденные для рыбохозяйственных водотоков ПДК Cu и V составляют 0,001 мг/л, Pb и Zn – 0,006 и 0,010 мг/л соответственно (Нормативы... 2011).

Вместе с мальмой нижнее течение реки эксплуатирует горбуша *Oncorhynchus gorbuscha*. Во время работ этот лосось нерестился на 2-километровом участке сразу выше устья со средней плотностью 0,25 экз/м<sup>2</sup>. Другие виды рыб в реку не заходили.

**Таблица 1.** Некоторые характеристики среды обитания карликовой мальмы *Salvelinus malma* в бассейне р. Третья речка (август 2012 г.)

Участки	Расход, м <sup>3</sup> /с	Температура, °С	Мутность, мг/л	Конц. Cu / V / Pb / Zn, мг/л
1. Граница распространения мальмы	0,10	13,9–16,8 (15,5)	2,1	0,016 / 0,010 / 0,017 / 0,039
2. Зона нерестилиц	0,19	12,9–16,2 (15,1)	1,0–1,3	0,006 / 0,009 / 0,015 / 0,059
3. Зона нагула ниже устья безрыбного термального ручья	0,39	15,3–17,4 (16,3)	9,3–11,0	0,001 / 0,009 / 0,019 / 0,051
4. Зона нагула в нижнем течении	0,72	10,6–15,7 (12,9)	2,5	-

*Образ жизни.* Наиболее вероятным местом нереста жилого гольца является участок ручья с «линзами» гравийных наносов сразу выше устья термального притока. В августе только здесь массово ловились сеголетки и производители с IV стадией зрелости гонад. Известно, что размножение мальмы не начинается при температурах воды выше 15 °С (Андреев и др., 1978). Судя по косвенным признакам, нерест гольцов в руч. Нижнекошелевский должен был начаться в сентябре сразу после похолодания. Примерная численность нерестовой группировки была оценена в 100–150 особей.

Большая часть вышедшей из грунта молоди остается в районе нерестилиц (ниже устья термального притока было поймано всего 15 % сеголеток) и расселяется по ручью только после первой зимовки. Желудки гольцов возраста 0+ – 1+ были заполнены мелкими личинками хирономид и имаго роящихся насекомых, так что недостатка в корме в летние месяцы молодь не испытывает. В возрасте 2+ большая часть гольцов скатывается в нижнее течение на участок нереста горбуши. Пищеварительный тракт всех пойманных здесь рыб возраста 2+ – 5+ был заполнен икрой. 2-летки в это же время продолжали питаться бентосом. Весьма вероятно, что ширина раскрытия рта особей длиной АС до 7–8 см не позволяет им заглатывать крупные икринки горбуши.

Помимо старшей молоди и половозрелых карликов в нижнем течении реки были пойманы 4 особи длиной АС 18–25 см, идентифицированные нами как «тысячники» проходной формы. В термальном ручье проходные рыбы не встречались.

*Рост и развитие.* В сравнении с карликовой мальмой бассейна р. Камчатка (Савваитова, Романов, 1969) и рек соседних Курильских островов (Савваитова и др., 2004) рыбы из руч. Нижнекошелевский отличаются мелкими размерами и низким телом. В редких случаях они достигают длины более 19,5 см и массы свыше 45 г, доживая до 7 лет. Пределы колебаний размерно-весовых показателей во всех возрастных группах относительно невысокие (табл. 2).

В процессе анализа числа годовых колец на отолитах жилых рыб была обнаружена специфическая особенность аллометрического роста этих регистрирующих структур. У представителей изученной группировки по достижению длины тела около 12 см происходит разрастание вентральной части отолитов на фоне торможения роста роstralной части с дорзальной стороны. В результате отолиты увеличивают объем в постростральном направлении, и у 6-леток становятся почти круглыми (табл. 2). При этом четкая структура годовых колец в задней части сохраняется, сами отолиты остаются очень крупными (1,7 % длины тела у 3-леток и 1,6 % у 6-леток).

**Таблица 2.** *Длина, масса тела и отношение длины / ширины отолитов, а также соотношение полов у карликовой мальмы *Salvelinus malma* разного возраста из руч. Нижнекошелевский (август 2012 г.)*

Возраст, лет (n, экз.)	Длина тела АС, мм	Масса тела, г		Длина / ширина отолита	Самцы : самки
		Полная	Без органов		
0+ (23)	<u>34–50</u> 43,6	<u>0,28–48</u> 0,92	<u>0,22–1,17</u> 0,71	–	1,3 : 1
1+ (43)	<u>49–86</u> 66,9	<u>1,43–7,10</u> 3,65	<u>1,13–6,1</u> 2,98	<u>1,90–2,17</u> 2,03	1,3 : 1
2+ (48)	<u>84–109</u> 97,2	<u>7,38–13,70</u> 10,35	<u>6,30–11,80</u> 8,78	<u>1,68–1,99</u> 1,81	1,2 : 1
3+ (22)	<u>99–130</u> 114,8	<u>12,00–18,87</u> 15,21	<u>10,64–16,47</u> 13,01	<u>1,32–2,05</u> 1,54	1,4 : 1
4+ (18)	<u>123–160</u> 139,2	<u>20,80–37,81</u> 26,90	<u>16,61–30,23</u> 22,03	<u>1,16–1,41</u> 1,23	1,3 : 1
5+ (7)	<u>157–195</u> 175,4	<u>46,0–53,9</u> 51,2	<u>36,8–45,0</u> 41,9	<u>1,11–1,17</u> 1,15	1,3 : 1
6+ (1)	198 (-)	54,9 (-)	46,3 (-)	1,17	0 : 1

\* Примечание. Над чертой – пределы; под – среднее.

Половое созревание самцов начинается в возрасте 2+, часть особей длиной 9,5–10 см и массой 6,5–12 г уже имели гонады на III стадии зрелости. У самок созревание начинается на год позже после достижения длины 11,5 см и массы свыше 16 г. Вероятно, ключевым этапом в запуске процесса полового созревания (по крайней мере у самок) становится откорм вымытой из гнезд икрой горбуши и фрагментами тел ее «сненки».

У преднерестовых самок длиной 12,7–14,5 см в яичниках, помимо явно не вступивших в период созревания яйцеклеток, суммарно было всего 125–155 зрелых икринок диаметром до 2,5–3 мм. У 2 самых крупных и зрелых особей длиной 18,5 и 19 см – соответственно 90 и 85 икринок того же диаметра. Судя по неравномерности созревания яйцеклеток в гонадах 5- и 6-леток, а также наличию в полости тела 6-летних самок остаточной икры, рыбы из руч. Нижнекошелевский могут нереститься несколько раз (вероятно, до 3 раз).

Известно, что длина и степень морфологического развития ранней молоди лососей коррелируют с размерами зрелой икры (Павлов, Осинов, 2004; Пичугин и др., 2006). Диаметр икринок исследованной группировки в 1,5 раза меньше, чем у типичной проходной мальмы, поэтому мелкие размеры сеголеток в августовских уловах закономерны. Несмотря на то, что выход из грунта при повышенных температурах должен происходить рано, у сеголеток в конце лета еще не сформировались краевые жаберные тычинки (как минимум 2–3 сверху и снизу), каудальные пилорические придатки и медиальные лучи брюшных плавников, не заложилась чешуя. У двухлеток к августу на чешуе сформировалось лишь 2–3 склерита.

*Морфология.* Карликовая мальма из руч. Нижнекошелевский отличается чрезвычайно низким для северного подвида числом позвонков и чешуй в боковой линии (табл. 3). Сокращение числа меристических элементов хорошо согласуется с данными о влиянии температуры на закладку сериальных структур во время эмбриогенеза (Taning, 1952; Fowler, 1970), а также пedomорфным сокращением сериальных элементов у карликовых форм лососей в целом (Пичугин и др., 2006).

Анализ меристических признаков взрослых жилых самцов из нижнего течения реки показал, что эта выборка неоднородна и включает 2 группы: с большим и малым числом сериальных элементов (табл. 3).



**Таблица 3.** Меристические признаки карликовой мальмы *Salvelinus malma* бассейна р. Третья речка (билатеральные структуры просчитаны слева)

Признак	Руч. Нижнекошелевский (n = 29 экз.)			Нижнее теч. р. Третья речка (n = 18 экз.)		
	M	Lim	St. dev.	M	Lim	St. dev.
II	127,8	119–136	4,13	128,6	120–140	6,01
vert	62,9	61–66	1,48	65,4	62–69	2,06
pc	24,4	19–30	2,91	24,6	20–31	2,62
sp. br.	21,5	19–24	1,59	23,6	20–28	2,10
rb	11,2	9–13	1,05	11,8	10–13	0,92
D	10,2	9–11	0,69	10,2	9–11	0,71
A	9,1	8–10	0,58	9,3	9–10	0,46
P	12,5	11–14	0,87	12,2	11–14	0,88
V	8,0	7–9	0,50	8,1	7–9	0,47

\* Примечание: II – число чешуй в боковой линии, *vert* – число позвонков, *pc* – число пилорических придатков, *sp. br.* – число жаберных тычинок на первой жаберной дужке, *rb* – число жаберных лучей; *D*, *A*, *P* и *V* – число ветвистых лучей в спинном, анальном, грудном и брюшном плавниках соответственно.

Очевидно, что такая неоднородность связана с тем, что в нижнее течение на откорм скатываются как представители специализированной группировки термального ручья, так и карликовые самцы из верхнего течения более холодной Третьей речки (около 30 % собранной выборки). Вероятно, на нерестилищах главной реки совместно размножаются местные карликовые самцы, проходные самцы и самки, а также, возможно, небольшое число карликовых производителей, генеративно принадлежащих группировке термального притока. Эта гипотеза также объясняет поимку «тысячников» в нижнем течении реки.

Рыбы из района термального притока характеризуются высокой асимметрией билатеральных структур, что объясняется неблагоприятными и нестабильными условиями развития (Романов, Ковалев, 2004). Анализ флуктуаций числа *sp. br.*, *rb*, *P* и *V* показал, что почти все особи асимметричны хотя бы по одному признаку, около 38 % – по 3 признакам, 10 % – по всем. При этом у 25 % рыб счетные элементы с разных сторон тела различались на 2 единицы. В среднем, в выборке зафиксировано 2,3 асимметрии на особь.

На рисунке 2 представлен внешний вид карликовой мальмы из руч. Нижнекошелевский. По своему экстерьеру 3-летки из этого водотока отличаются от карликов из ручьев о-вов Шумшу и Парамушир (Савваитова и др., 2004) короткой и высокой головой, укороченным и широким хвостовым стеблем, соответственно, уменьшенными  $pD$  и  $pV$  расстояниями, а также небольшими плавниками (особенно грудными).



**Рис. 2.** Внешний вид молоди и половозрелой особи карликовой мальмы из руч. Нижнекошелевский (бассейн р. Третья речка)

Формально распределение индексов всех морфометрических параметров соответствовало нормальному. Дисперсия распределений индексов низка, что указывает на специализацию и канализованность пути онтогенеза вопреки возможному возникновению высокой изменчивости при ускоренном эмбриогенезе в термальном водотоке. Достоверных морфометрических различий (по  $t_{st}$ ) между самцами и самками не обнаружено, поэтому мы сочли возможным объединить морфометрические данные (табл. 4).

**Таблица 4.** Морфометрическая характеристика (индексы в % АС) карликовой мальмы *Salvelinus malma* длиной 8.4–10.6 (в среднем 9.4) см из руч. Нижнекошелевский ( $n = 28$  экз.)

Признак	$M \pm m$	Lim	St. dev.
c	$19,7 \pm 0,10$	18,8 – 20,9	0,55
ao	$3,6 \pm 0,06$	2,8 – 4,2	0,34

Таблица 4 (окончание)

Признак	$M \pm m$	Lim	St. dev.
<i>o</i>	5,0 ± 0,06	4,4 – 5,6	0,33
<i>op</i>	12,4 ± 0,10	11,1 – 13,4	0,53
<i>ltx</i>	7,1 ± 0,09	6,0 – 7,9	0,49
<i>сН</i>	16,0 ± 0,11	14,8 – 17,2	0,60
<i>H</i>	19,5 ± 0,18	18,0 – 21,8	0,96
<i>h</i>	10,0 ± 0,09	9,1 – 11,1	0,48
<i>ID</i>	13,4 ± 0,13	12,2 – 14,6	0,70
<i>hD</i>	13,7 ± 0,15	11,9 – 15,4	0,81
<i>IA</i>	10,6 ± 0,10	9,5 – 11,6	0,52
<i>hA</i>	11,6 ± 0,12	10,8 – 12,7	0,61
<i>IP</i>	13,8 ± 0,20	11,2 – 15,3	1,05
<i>IV</i>	11,0 ± 0,12	9,6 – 12,0	0,62
<i>IC</i>	14,8 ± 0,16	12,7 – 16,2	0,84
<i>aD</i>	42,6 ± 0,18	40,4 – 44,2	0,97
<i>pD</i>	36,5 ± 0,21	34,7 – 39,2	0,99
<i>aV</i>	46,1 ± 0,16	44,5 – 47,9	0,87
<i>pV</i>	43,7 ± 0,17	42,1 – 45,5	0,89
<i>aA</i>	65,2 ± 0,17	63,6 – 67,2	0,89
<i>lpc</i>	14,8 ± 0,12	13,4 – 15,8	0,66
<i>P-V</i>	28,6 ± 0,20	25,9 – 31,0	0,94
<i>V-A</i>	19,4 ± 0,16	17,8 – 20,8	0,83

\* Примечание: *с* – длина головы, *ao* – длина рыла, *o* – горизонтальный диаметр глаза, *op* – заглазничное расстояние, *ltx* – длина верхней челюсти; высота: *сН* – головы на уровне затылка, *H* – наибольшая тела, *h* – хвостового стебля; *ID* и *hD* – длина основания и высота спинного плавника, *IA* и *hA* – то же анального плавника, *IP* и *IV* – длина грудного и брюшного плавников, *IC* – длина верхней лопасти хвостового плавника; расстояния: *aD* – антедорсальное, *pD* – постдорсальное, *aV* – антевентральное, *pV* – поствентральное, *aA* – антеанальное, *lpc* – длина хвостового стебля, *P-V* и *V-A* – пекто-анальное и вентро-анальное расстояния.

Среди сеголеток обнаружены аномалии развития, связанные с искривлением грудного отдела позвоночника и появлением горба (13 %

выборки), а также искривлением и недоразвитием лучей в грудных плавниках (9 %). В старших выборках такие уродства не встречались. Частота фенотипических гонад половозрелых рыб незначительна. Примечательно, что во всех возрастных группах у 12 % рыб печень расположена справа.

Окраска гольцов в районе нерестилищ была необычно бледная для карликового морфотипа: бока светло-бурые, брюхо белесое, пятнышки светлые, а не ярко-красные. Фактически, брачный наряд у преднерестовых рыб не развивался. У молоди после закладки чешуи появлялся заметный золотистый отлив, чего никогда не наблюдали в других популяциях северной мальмы.

*Строение черепа.* Хондрокрании гольцов из руч. Нижнекошелевский (по 4 самца и самки возраста 5+ – 6+) отличались выраженными педоморфными чертами. Рострум короткий, узкий и скруглённый спереди, ямка на нем мелкая. Этмоидный отдел короткий, фонтанель на нем всегда одна. Мост очень широкий, с крупными фонтанелями. Pteroticum по бокам мозгового отдела лишь достигает sphenoticum, затылочная кость далеко не достигает дорзальных фонтанелей; в этой кости у взрослых рыб сохраняется хрящевой медиальный шов.

При высокой индивидуальной изменчивости формы костей черепа исследованную популяцию отличает узкая клиновидная форма supraethmoideum с невыраженной головкой. Ширина кости в задней части примерно равна ширине головки. Maxillare с большой лопаткой, прямая. Сошник с округлой головкой и укороченной узкой рукояткой. Зубы на нем расположены буквой «V». В целом, зубы на всех костях очень мощные, в месте их утраты сохраняются глубокие альвеолы. Подвесок широкий, без лопасти на переднем краю. Suboperculum с обрезанным нижним краем. В ряду подглазничных костей у исследованных рыб было 2–3 элемента.

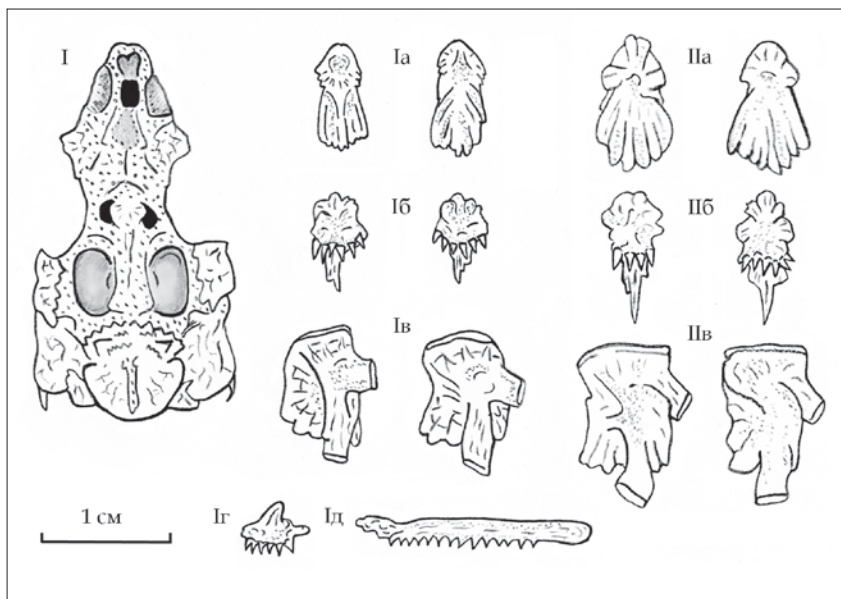
На фоне выявленной специфики черепных костей жилых рыб из термального ручья 5 многопозвонковых карликов из нижнего течения имели типичный для северной мальмы широкий супраэтмоид с перетяжкой; сошник с нормальной рукояткой и более узкий подвесок. Челюстные кости были уже, а зубы – сравнительно мельче (рис. 3).

### **Заключение**

В бассейне р. Третья речка на территории Южно-Камчатского заказника помимо типичной проходной мальмы также воспроизводится

обособленная жилая группировка, репродуктивно связанная с термальным притоком. Нерест и развитие жилых рыб проходит при температурах и концентрациях полутантов, находящихся за пределами известного для вида оптимума. Неблагоприятные условия развития маркируют высокая частота флуктуирующей асимметрии и уродства у молоди.

Карлики из термального ручья отличаются комплексом педоморфных черт морфологии, ранним половым созреванием, низкой плодовитостью, а также мелкой икрой, вследствие чего отмечается запаздывание в постэмбриональном развитии. Для созревания рыбы спускаются в нижнее течение на откорм abortивными половыми продуктами и фрагментами тел нерестящейся здесь горбуши. Взрослые гольцы характеризуются мелкими размерами и редко достигают массы свыше 50 г, доживая до 6–7 лет. Специализация группировки ярко проявляется в особых экстерьерных признаках, строении костей черепа, блеклой нерестовой окраске.



**Рис. 3.** Хондрокраний и кости черепа взрослых карликовых гольцов *Salvelinus malma* из руч. Нижнекошелевский (I) в сравнении с некоторыми черепными костями карликовых самцов из нижнего течения р. Третья речка (II): а – *supraethmoideum*, б – *vomer*, в – *hyomandibulare*, г – *praemaxillare*, д – *maxillare*

Педоморфоз и высокие температуры во время развития привели к появлению уникальной для камчатской мальмы меристической формулы. Среди всех описанных на полуострове популяций мальма из руч. Нижнекошелевский отличается наименьшим числом позвонков и чешуй в боковой линии (табл. 5). По меристическим признакам описываемая группировка оказывается ближе к жилым формам южного подвита с Сахалина и Южных Курил.

**Таблица 5.** Меристические признаки карликовой ручьевой мальмы *Salvelinus malma* из разных мест на ареале

Место-обитание	<i>sp.br.</i>	<i>vert.</i>	<i>pc</i>	<i>ll</i>	Источник информации
I	20,0 (16–24)	67,3 (62–67)	29,5 (20–40)	133,8 (127–143)	Савваитова, Романов, 1969
II	22,2 (19–27)	65,9 (62–68)	-	134,1 (124–141)	наши данные
<b>III</b>	<b>21,5 (19–24)</b>	<b>62,9 (61–66)</b>	<b>24,4 (19–30)</b>	<b>127,8 (119–136)</b>	<b>наши данные</b>
IV	21,9 (20–25)	63,8 (62–66)	27,4 (23–32)	131,7 (128–136)	Савваитова и др., 2004
V	22,0 (20–24)	61,4 (59–64)	27,2 (20–40)	123,7 (120–130)	Савваитова и др., 2004
VI	19,7 (15–23)	59,7 (57–62)	19,6 (14–25)	125,0 (117–137)	Пичугин и др., 2006

\* Примечание. I – Камчатка, притоки оз. Азабачье; II – Камчатка, притоки р. Озерная; III – Камчатка, руч. Нижнекошелевский; IV – о. Парамушир; V – о. Онекотан; VI – о. Кунашир

С ручьевыми гольцами Сахалина и Курил описываемую группировку также сближает форма супраэпмоида. Ранее соотношение ширины головки и задней части этой кости было предложено использовать для разделения крупных особей северного и южного подвидов мальмы (Савваитова и др., 2004б). Судя по анализу 8 черепов рыб из руч. Нижнекошелевский следует отнести к южному подвиду. Тем не менее, анализ полиморфизма контрольного региона *cutb - dloop* мтДНК (Brunner et al., 2001) показал, что рыбы из руч. Нижнекошелевский обладают типичным, хотя и несколько обедненным набором гаплотипов северного подвита. После секвенирования были выделены последовательности 4 типов, принадлежащие TCS-кластеру типичной камчатской мальмы

с центральным гаплотипом, аналогичным N29 (Сенчукова и др., 2012). Следовательно, появление клиновидного морфотипа супраэтноида у рыб из бассейна р. Третья речка логично рассматривать как пример параллельной и независимой от южной мальмы специализации. О связи формы костей черепа лососей с условиями развития и роста хорошо известно (Медведева, 1980). В частности, с ростом у этой группы наблюдается закономерное увеличение ширины большинства покровных костей (Романов, 1980; Глубоковский, 1995). В связи с этим клиновидную форму супраэтноида, как и уменьшенное число сериальных структур, можно связать с педоморфозом и развитием при высоких температурах.

Таким образом, руч. Нижнекошелевский населяет жилая группировка карликовой мальмы северного подвида, специализация которой шла по пути выработки адаптаций к воспроизводству при экстремально высоких температурах. Специфические условия развития привели к появлению у рыб уникальных черт биологии и морфологии, причем по некоторым признакам прослеживается сходство с аналогичными группировками на южной границе ареала вида. В целом, появление подобной группировки хорошо согласуется с полученными ранее данными о путях репродуктивного обособления и векторам специализации мелких ручьевых гольцов на разных участках ареала (Гриценко, 1975; Пичугин и др., 2006). Тем не менее, необходимо подчеркнуть, что морфологические особенности обнаруженной группировки указывают на специализацию посредством гетерохронии развития, а не на типичную карликовость без гетерохроний (McNamara, 1997). Это может быть интерпретировано как начальный этап микроэволюции.

### **Благодарности**

Неоценимую помощь в сборе материала оказали Ю. В. Сорокин и В. В. Исаев (ВНИРО, Москва). Обработку и анализ генетических проб выполнила А. Л. Сенчукова (биологический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва). Содействие в проведении экспедиции и вывозе проб оказало руководство Кроноцкого биосферного заповедника. Работа выполнена при финансировании гранта РФФИ № 12-04-31118.

### **Литература**

Андреев, В. Л. Экология и морфологические особенности мальмы южных Курильских островов / В. Л. Андреев, В. Н. Иванков, А. М. Броневский // Экология. – 1978. – № 1. – С. 55–60.

Глубоковский, М. К. Эволюционная биология лососевых рыб / М. К. Глубоковский. – М. : Наука. – 1975. – 343 с.

Гриценко, О. Ф. Систематика и происхождение Сахалинских гольцов рода *Salvelinus* / О. Ф. Гриценко // Тр. ВНИРО. – 1975. – Вып. 106. – С. 141–160.

Медведева, Е. Д. Популяционная и географическая изменчивость некоторых остеологических признаков у гольца (род *Salvelinus* Nilsson / Richardson, Salmonidae) / Е. Д. Медведева // Лососевидные рыбы. – Л. : Наука. – 1980. – С. 159–171.

Нормативы качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативы ПДК вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. – М. : ВНИРО. – 2011. – 257 с.

Наставления гидрометеорологическим станциям и постам. – Вып. 6. Ч. II. Гидрологические наблюдения и работы на малых реках. – Л. : Гидрометеиздат. – 1972. – 78 с.

Павлов, Д. С. Основные особенности раннего онтогенеза у лососевых рыб (Salmoniformes) и других представителей Protocantopterigii в связи с филогенией / Д. С. Павлов, А. Г. Осинов // Вопр. ихтиологии. – 2004. – Т. 44. – № 3. – С. 29–312.

Пичугин, М. Ю. Новые данные о кундже *Salvelinus leucotaenis* и ее взаимоотношениях с мальмой *S. malma curilus* в пресных водах Южных Курильских островов / М. Ю. Пичугин // Вопр. ихтиологии. – 2006. – Т. 46. – № 3. – С. 356–369.

Пичугин, М. Ю. О ручьевых гольцах южных Курильских островов и возможном механизме образования карликовых форм мальмы *Salvelinus malma curilus* / М. Ю. Пичугин, Л. К. Сидоров, О. Ф. Гриценко // Вопр. ихтиологии. – 2006. – Т. 46. – № 2. – С. 224–239.

Романов, Н. С. Изменение покровных костей хондрокраниума нерки в постэмбриональном онтогенезе / Н. С. Романов // Популяционная биология и систематика лососевых. – Владивосток, 1980. – С. 113–121.

Романов, Н. С. Флуктуирующая асимметрия серебряного караса *Carassius auratus gibelio* (Cyprinidae) из некоторых водоемов Дальнего Востока / Н. С. Романов, М. Ю. Ковалев // Вопр. ихтиологии. – 2004. – Т. 44. – № 1. – С. 109–117.

Савваитова, К. А. Некоторые особенности систематики и биологии карликовой ручьевой формы и молоди озерно-речной формы арктического гольца *Salvelinus alpinus* (L.) из бассейна Азабачьего озера (Камчатка) / К. А. Савваитова, Н. С. Романов // Науч. док. высш. шк. биол. науки. – 1969. – № 8. – С. 16–28.

Савваитова, К. А. Ручьевые гольцы рода *Salvelinus* северных Курильских островов / К. А. Савваитова, М. А. Груздева, К. В. Кузицин и др. // Вопр. ихтиологии. – 2004. – Т. 44. – № 1. – С. 89–101.

Савваитова, К. А. Вариации в строении черепа у гольцов (род *Salvelinus*) Камчатско-Курильской гряды и таксономический статус форм / К. А. Савваитова, К. В. Кузицин, С. А. Кончакова и др. // Вопр. ихтиологии. – 2004б. – Т. 44. – № 3. – С. 313–331.



Сенчукова, А. Л. Анализ изменчивости митохондральной ДНК гольцов (р. *Salvelinus*) озера Кроноцкое / А. Л. Сенчукова, Д. С. Павлов, Н. С. Мюге и др. // Тр. Кроноцкого биосферного заповедника. – 2012. – Вып. II. – С. 197–208.

Brunner, P. C. Holarctic phylogeography of arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) inferred from mitochondrial DNA sequences / P. C. Brunner, M. R. Douglas, A. G. Osinov, and other // Evolution. – 2001. – V. 55. – № 3. – P. 573–586.

Fowler, J. A. Control of vertebrae number of teleost – an embryological problem / J. A. Fowler // Quart. Rev. Biol. – 1970. – V. 45. – № 2. – P. 148–167.

McNamara, K. J. Shapes of time: the evolution of growth and development / K. J. McNamara. – Baltimore, London, John Hopkin's Univ. press. – 1997. – 342 pp.

Taning, A. V. Experimental study of meristic characters in fishes / A. V. Taning // Biol. Rev. Philos. Soc. – 1952. – V. 27. – № 2. – P. 169–193.

## ДОПОЛНЕНИЕ К СПИСКУ ВИДОВ ПТИЦ ДОЛИНЫ ГЕЙЗЕРОВ (КРОНОЦКИЙ ЗАПОВЕДНИК)

Ф. В. Казанский<sup>1</sup>, А. П. Никаноров<sup>2</sup>

ФГБУ «Кроноцкий государственный заповедник»

<sup>1</sup>e-mail f.kazansky@gmail.com, <sup>2</sup>e-mail kishten@mail.ru

**Ключевые слова:** Долина гейзеров, авифауна, новые виды

### Введение

Долина гейзеров была открыта в апреле 1941 года А. П. Крупениным и Т. И. Устиновой. Несмотря на краткий период исследования, авифауна Долины гейзеров, по представлению авторов, на данный момент изучена хорошо. Первые сведения о птицах бассейна р. Гейзерная появились в монографии Ю. В. Аверина (1948). Судя по датам, приводимым в данной монографии, источником первой информации были именно первооткрыватели Долины. Первые специальные орнитологические исследования были проведены Ю. В. Авериным в сентябре 1945 года. В разное время в Узон-Гейзерном районе работали В. И. Марков (1962, 1965, 1970), А. М. Стенченко (1975, 1977 а, б, 1980), Е. Г Лобков (1986, 1988, 1999), Д. С. Люлеева и др. (1991). Большой объем информации о птицах Долины гейзеров был собран В. А. Николаенко (Лобков, 2002). Помимо фаунистических наблюдений, сбора данных о мигрирующих видах и сроках миграции, изучения особенностей биологии отдельных видов и т. д., исследователей интересовало возможное влияние вулканогенных факторов

на разные аспекты жизни птиц, обитающих или останавливающихся в специфических термальных вулканических местообитаниях. Кальдера влк. Узон и долина р. Гейзерной со своими многочисленными и разнообразными термальными проявлениями представляют собой хорошие модельные объекты, позволяющие исследовать влияние вулканизма на различные компоненты биоты. Наиболее подробная сводка, обобщающая результаты всех предыдущих орнитологических исследований, была опубликована Е. Г. Лобковым в 2002 г. в книге «Растительный и животный мир Долины гейзеров».

В июне 2007 г. облик нижнего течения р. Гейзерная сильно изменился. 3 июня 2007 г. в Долину гейзеров по руслу руч. Водопадный сошла мощная грязекаменная лавина, перекрывшая долину р. Гейзерная. Плотина подпрудила русло реки, что привело к образованию озера (Пинегина и др., 2007). Одним из последствий случившейся катастрофы стало кардинальное изменение облика долины руч. Водопадный и его окрестностей. Растительный покров на пути следования селевого потока был уничтожен практически полностью. На осыпи сохранились отдельные задернованные островки с редкими чахлыми березками. По всей видимости, эти островки были принесены туда целиком во время третьей фазы оползня. Образование озера, а также появление большого количества крупнообломочных каменистых осыпей или обнажений, а также незаросших обрывов, сложенных туфами, подверженных интенсивной эрозии и имеющих, вследствие этого, многочисленные полости и трещины, существенно расширили спектр местообитаний, доступный гнездящимся и мигрирующим через Долину гейзеров птицам. В первую очередь эти изменения отразились на видовом составе и численности околородных птиц и птиц, гнездящихся на курумниках и обрывах, лишенных растительности. Ниже будет дан список новых видов и видов, чей статус или численность претерпели значительные изменения.

### **Материалы и методика**

Материал, вошедший в данную статью, собирали в разное время А. П. Никаноров и Ф. В. Казанский. В 2008 г. наблюдения проводились в период с 20 по 27 мая, в 2009 г. с 6 по 16 августа, в 2010 г. с 9 по 14 мая и с 9 по 18 июля. В 2012 г. Ф. В. Казанский находился в Долине гейзеров с 22 по 25 июля, а в 2013 г. с 23 апреля по 21 мая. Кроме того, начиная с лета 2011 г. по настоящее время попутные орнитологические наблюдения в Долине гейзеров ведет государственный инспектор Н. В. Соловьев.

Таким образом, учетами охвачен весенний, летний и частично осенний период. Все наблюдения велись с использованием 8–12-кратных биноклей, а также зрительных труб с переменным увеличением 20–60. По возможности мы старались фотографировать все встречи с новыми и редкими видами.

## **Результаты**

### **Красношейная поганка** (*Podiceps auritus auritus* Linnaeus 1758)

В период с 21 по 27 мая 2008 г. самца красношейной поганки наблюдали на оз. Гейзерном. Ранее этот вид в заповеднике всего несколько раз регистрировался в приморской зоне.

### **Лебедь-кликун** (*Cygnus cygnus* Linnaeus 1758)

По всей видимости, кликуны используют долину р. Гейзерная как миграционный коридор. 22 апреля 2006 г. над кордоном на север прошла стая из 40 птиц. Появление крупного озера привело к тому, что интенсивность миграций и кочевок лебедей в исследуемом районе выросла. Так, 25 апреля мы наблюдали несколько стай кликунов суммарной численностью 49 особей, пролетавших через Долину гейзеров по направлению к Кроноцкому озеру. Стаи по 4–9 птиц летели в этом же направлении в течение нескольких следующих дней. Точную численность лебедей, пролетевших через указанный район весной 2013 г. подсчитать не удалось, так как часто пролет часто происходил в условиях плохой видимости и присутствие птиц определялось на слух.

### **Белолобый гусь** (*Anser albifrons frontalis* S. F. Baird, 1858)

В период с 15 по 20 мая 2013 г. в утренние часы мы неоднократно слышали крики летящих белолобых гусей. Птицы летели транзитом в северо-восточном направлении на большой высоте.

### **Серая утка** (*Anas strepera* Linnaeus, 1758) и другие утки рода *Anas*

8 и 9 августа 2013 г. Н. В. Соловьев видел на Гейзерном озере серых уток. По словам наблюдателя, на озере несколько дней держалась пара и отдельно две самки. В целом, после появления в Долине гейзеров крупного незамерзающего водоема интенсивность миграции, а также численность гнездящихся водоплавающих увеличилась. Во время весеннего пролета на оз. Гейзерное и небольших озерах в бассейне бывшего руч. Водопадный останавливается несколько сотен уток. Доминирующие виды: чирок-свистун, кряква, свиязь. В меньшем числе встречается шилохвость. В летнее время на озерах Долины гейзеров ежегодно встречаются выводки названных выше видов.

**Широконоска** (*Anas clypeata* Linnaeus, 1758)

В период с 20 по 27 мая, а также несколько раз в течение июня 2008 г. на Гейзерном озере наблюдали пару широконосок. Это первая регистрация птиц этого вида в описываемом районе.

**Морская чернеть** (*Aythya marila* Linnaeus, 1761)

21 мая 2008 г. на оз. Гейзерное впервые видели самку и самца морской чернети. В последующие годы во время весенней миграции одиночные птицы или пары морских чернетей ежегодно наблюдаются на оз. Гейзерное или на небольших озера образовавшихся на теле оползня.

**Беркут** (*Aquila chrysaetos kamtschatica* Severtzov, 1888)

В соответствии с опубликованными ранее данными (Лобков, 2002) в период с 1993 по 2002 года встреч с беркутами в окрестностях Долины гейзеров в летнее время зарегистрировано не было. Е. Г. Лобков предположил, что исчезновение этих птиц из Долины гейзеров связано с увеличением количества экскурсионных вертолетов. Наиболее вероятным местом гнездования он считал верховья рек Гейзерная и Сестренка. Наши наблюдения показывают, что беркуты встречаются в летнее время в бассейнах названных рек, а также над урочищем Каменная долина. В конце октября 2007 г. в течение нескольких дней наблюдали группу из 4 молодых птиц. Беркуты держались вместе, и, по всей видимости, были sibсами из одного выводка. В 2009 г. взрослую птицу наблюдали 8 августа в районе соп. Бортовая (выс. 1096) и 15 августа в среднем течении р. Сестренка. В 2011 г. 1 августа взрослый беркут был замечен возле соп. Открытая. 22 июля 2012 г. западнее соп. Желтая мы видели взрослого беркута, летевшего по направлению к верховьям р. Сестренка. Все вышеперечисленное позволяет нам предполагать, что беркуты по-прежнему гнездятся в окрестностях Долины гейзеров.

**Кречет** (*Falco rusticolus intermedius* Gloger, 1834)

В период с 9 по 18 июля 2010 г. ежедневно пару кречетов наблюдали на соп. Гейзерная. Пара держалась возле уступа, заглянуть за который у нас не было возможности. Мы не можем с уверенностью сказать, была ли это гнездящаяся или кочующая пара. Указанный участок соп. Гейзерная был виден только с помощью зрительной трубы, и по этой причине наблюдения начались в день прилета и закончились в день отлета наблюдателя из Долины гейзеров. Таким образом, у нас нет информации, сколько времени данная пара провела в описываемом районе. В любом случае, это первая регистрация кречетов в Долине гейзеров в июле.

**Сизая чайка** (*Larus canus kamtschatschensis* Bonaparte, 1857)

После образования подпрудного озера сизые чайки начали появляться в долине р. Гейзерная регулярно. Птиц наблюдают в летнее и осеннее время, либо непосредственно над акваторией оз. Гейзерное, либо в районе устья р. Гейзерная. Ближайшее место гнездования сизых чаек – кальдера влк. Узон и болота в верхнем течении р. Шумная. Чайки в поисках корма летают вниз по течению реки и попадают в долину Гейзерной.

**Речная крачка** (*Sterna hirundo longipennis* Nordmann, 1835)

Так же, как и в случае с сизой чайкой, наличие крупного постоянного водоема привлекает птиц, гнездящихся в кальдере влк. Узон. Крачки летают кормиться в верхнее течение р. Шумная и попадают в долину р. Гейзерная. Несмотря на то, что сама р. Гейзерная практически полностью лишена рыбы, встречи с крачками в настоящее время не редкость. Чаще всего они держатся в окрестностях небольших водоемов, сформировавшихся на оползне на месте бывшей поймы руч. Водопадный. Начиная с 2011 г. в течение всего гнездового и птенцового периода мы встречали речных крачек каждый раз, когда посещали низовье р. Гейзерная.

**Полевой воробей** (*Passer montanus dybowski* Domaniewski, 1915)

Впервые полевой воробей в Долине гейзеров был зарегистрирован в середине 80-х гг. XX в. В это время происходило расселение данного вида на Камчатском полуострове (Лобков, 2002). В период с 1995 по 2007 г. воробьи в рассматриваемом районе не наблюдались. Однако, судя по последним встречам, воробьи посещают Долину гейзеров не только во время осенних кочевков, как было показано ранее. В 2008 г. 4 птиц наблюдали в окрестностях кордона с 15 по 18 мая. Одна из птиц, возможно, собирала гнездовой материал. В 2011 г. стайку из 3 птиц наблюдали на термальной площадке 15 августа.

**Командорский горный вьюрок** (*Leucosticte tephrocotis maxima* Brooks, 1915)

До 2009 г. достоверных данных о встречах с птицами этого вида в заповеднике не было. 7 августа стая из 6 командорских горных вьюрков была отмечена в нижнем течении р. Гейзерная. Нормальные фотографии птиц сделать не удалось, но наблюдатель не сомневается в правильности определения. 22 июля 2012 г. пару вьюрков наблюдали в верхней части оползня. Птиц удалось сфотографировать (рис. 1). В период с 19 по 21 мая 2013 г. одиночных командорских вьюрков несколько раз видели на оползне и в верхней части руч. Подъемный.



**Рис. 1.** Командорский горный выюрок

**Камчатский дубровник** (*Ocyris aureolus kamtschaticus*, Stanchinsky, 1929)

Впервые этот вид в Долине гейзеров был отмечен 4 июня 2006 г. Пара дубровников собирала материал для гнезда.

**Пуночка** (*Plectrophenax nivalis nivalis*, Linnaeus, 1758)

Как показали весенние учеты 2013 г., пуночки стали довольно обычным мигрирующим и, возможно, обычным гнездящимся видом. Так, 20 и 21 мая по всему телу оползня, начиная от окрестностей «теремковой» площадки и заканчивая верхними частями обвалившихся склонов, держалось, по меньшей мере, 27 особей этого вида. Некоторые держались парами, самцы активно токовали. В двух случаях нам удалось наблюдать птиц, собиравших гнездовой материал. Часть особей не демонстрировала территориального поведения. Поскольку учеты проводились в самом начале гнездового периода, мы не можем оценить точно количество территориальных пар, державшихся в указанном сезоне на теле оползня. По мнению авторов, нет ничего удивительного в том, что количество гнездящихся пуночек возросло. В результате активных эрозийных процессов туфы, слагающие основное тело оползня, в данный

момент представляют собой довольно рыхлую породу с большим количеством укрытий, трещин и полостей. Такой тип местообитаний является типичным гнездовым биотопом для пуночек.

### Выводы

Таким образом, в данный момент полный список населения птиц Долины гейзеров выглядит следующим образом (табл. 1).

**Таблица 1.** Список видов птиц Долины гейзеров

№	Название вида	Латинское название	Статус
1	Краснозобая гагара	<i>Gavia stellata stellata</i> (Pontoppidan, 1763)	Редкий кочующий
2	Красношейная поганка	<i>Podiceps auritus auritus</i> (Linnaeus 1758)	Залетный
3	Белолобый гусь	<i>Anser albifrons frontalis</i> (S. F. Baird, 1858)	Мигрирующий
4	Лебедь-кликун	<i>Cygnus cygnus</i> (Linnaeus, 1758)	Мигрирующий, кочующий
5	Кряква	<i>Anas platyrhynchos platyrhynchos</i> (Linnaeus, 1758)	Гнездящийся, мигрирующий
6	Чирок-свистун	<i>A. crecca crecca</i> (Linnaeus, 1758)	Гнездящийся, мигрирующий
7	Свиязь	<i>A. penelope</i> (Linnaeus, 1758)	Мигрирующий, редкий гнездящийся
8	Шилохвость	<i>A. acuta</i> (Linnaeus, 1758)	Мигрирующий, редкий гнездящийся
9	Широконоска	<i>A. clypeata</i> (Linnaeus, 1758)	Редкий мигрирующий
10	Морская чернеть	<i>A. marilassp.</i> (Linnaeus, 1761)	Редкий мигрирующий
11	Каменушка	<i>Histrionicus histrionicus pacificus</i> (W. S. Brooks, 1915)	Редкий мигрирующий и гнездящийся
12	Обыкновенный гоголь	<i>Bucephala clangula clangula</i> (Linnaeus, 1758)	Залетный
13	Длинноносый крохаль	<i>Mergus serrator</i> (Linnaeus, 1758)	Мигрирующий

Продолжение табл. 1

№	Название вида	Латинское название	Статус
14	Тетеревятник	<i>Accipiter gentilis albidus</i> (Menzbier, 1882)	Кочующий, мигрирующий
15	Перепелятник	<i>A. nisusnis sosimilis</i> (Tickell, 1833)	Мигрирующий
16	Мохноногий канюк	<i>Buteo lagopus kamtschatkensis</i> (Dementiev, 1931)	Мигрирующий, возможно гнездящийся
17	Беркут	<i>Aquila chrysaetos kamtschatica</i> (Severtzov, 1888)	Мигрирующий, возможно гнездящийся
18	Белоплечий орлан	<i>Haliaeetus pelagicus</i> (Pallas, 1811)	Кочующий
19	Кречет	<i>Falco rusticolus grebnitzkii</i> (Severtzov, 1885)	Мигрирующий, вероятно гнездящийся
20	Сапсан	<i>F. peregrinus harterti</i> (Buturlin, 1907)	Мигрирующий, редкий гнездящийся
21	Чеглок	<i>F. subbuteo subbuteo</i> (Linnaeus, 1758)	Редкий гнездящийся
22	Дербник	<i>F. columbarius pacificus</i> (Stegmann, 1929)	Редкий мигрирующий
23	Белая куропатка	<i>Lagopus lagopus koreni</i> (Thayer et Bangs, 1914)	Оседлый
24	Тундряная куропатка	<i>L. mutus pleskei</i> Serebrowsky, 1926)	Редкий оседлый
25	Бурокрылая ржанка	<i>Pluvialis fulva</i> (J. F. Gmelin, 1789)	Пролетный
26	Монгольский зуек	<i>Charadrius mongolus stegmanni</i> (Portenko, 1939)	Гнездящийся
27	Фифи	<i>Tringa glareola</i> (Linnaeus, 1758)	Вероятно гнездящийся
28	Сибирский пепельный улит	<i>Heteroscelus brevipes</i> (Vieillot, 1816)	Мигрирующий
29	Перевозчик	<i>Actitis hypoleucos</i> (Linnaeus, 1758)	Гнездящийся
30	Бекас	<i>Gallinago gallinago gallinago</i> (Linnaeus, 1758)	Мигрирующий, вероятно гнездящийся



№	Название вида	Латинское название	Статус
31	Горный дупель	<i>G. solitaria japonica</i> (Bonaparte, 1856)	Зимующий
32	Озерная чайка	<i>Larus ridibundus</i> (Linnaeus, 1766)	Залетный
33	Тихоокеанская чайка	<i>L. schistisagus</i> (Stejneger, 1884)	Кочующий
34	Сизая чайка	<i>L. canus kamtschatschensis</i> (Bonaparte, 1857)	Залетный
35	Речная крачка	<i>Sterna hirundo longipennis</i> (Nordmann, 1835)	Залетный
36	Обыкновенная кукушка	<i>Cuculus canorus canorus</i> (Linnaeus, 1758)	Гнездящийся
37	Глухая кукушка	<i>C. (saturatus) optatus</i> (Gould 1845)	Гнездящийся
38	Белая сова	<i>Nyctea scandiaca</i> (Linnaeus, 1758)	Залетный
39	Болотная сова	<i>Asio flammeus flammeus</i> (Pontoppidan, 1763)	Залетный
40	Мохноногий сыч	<i>Aegolius funereus magnus</i> (Buturlin, 1907)	Залетный
41	Ястребиная сова	<i>Surnia ulula ulula</i> (Linnaeus, 1758)	Залетный
42	Белопоясный стриж	<i>Apus pacificus pacificus</i> (Latham, 1801)	Обычный гнездящийся
43	Большой пестрый дятел	<i>Dendrocopos major kamtschaticus</i> (Dybowski, 1883)	Кочующий
44	Малый пестрый дятел	<i>D. minor immaculatus</i> (Stejneger, 1884)	Кочующий, вероятно гнездящийся
45	Ласточка-береговушка	<i>Riparia riparia riparia</i> (Linnaeus, 1758)	Залетный, мигрирующий
46	Полевой жаворонок	<i>Alauda arvensis pekinensis</i> (Swinhoe, 1863)	Гнездящийся
47	Пятнистый конек	<i>Anthus hodgsoni yunnanensis</i> (Uchida et Kuroda, 1916)	Гнездящийся
48	Гольцовый конек	<i>A. rubescens japonicus</i> (Temminck et Schlegel, 1847)	Редкий гнездящийся
49	Желтая трясогузка	<i>Motacilla tschutschensis simillima</i> (E. Hartert, 1905)	Обычный гнездящийся

Продолжение табл. 1

№	Название вида	Латинское название	Статус
50	Горная трясогузка	<i>M. cinerearobusta</i> (C. L. Brehm, 1857)	Обычный гнездящийся
51	Камчатская трясогузка	<i>Motacilla (alba) lugens</i> (Gloger, 1829)	Обычный гнездящийся
52	Сибирский жулан	<i>Lanius cristatus cristatus</i> (Linnaeus, 1758)	Редкий гнездящийся
53	Сорока	<i>Pica pica camtschatica</i> (Stejneger, 1884)	Гнездящийся
54	Кедровка	<i>Nucifraga caryocatactes macro- rhyphos</i> (C. L. Brehm, 1823)	Кочующий, вероятно гнездящийся
55	Черная ворона	<i>Corvus corone orientalis</i> (Eversmann, 1841)	Обычный, гнездя- щийся
56	Ворон	<i>C. corax kamtschaticus</i> (Dybowsky, 1883)	Гнездящийся
57	Охотский сверчок	<i>Locustella ochotensis subcerthiola</i> (Swinhoe, 1874)	Гнездящийся
58	Пятнистый сверчок	<i>L. lanceolata lanceolata</i> (Temminck, 1840)	Редкий гнездящийся
59	Пеночка-таловка	<i>Phylloscopus borealis xanthodryas</i> (Swinhoe, 1863)	Гнездящийся
60	Малая мухоловка	<i>Ficedula parva albicilla</i> (Pallas, 1811)	Гнездящийся
61	Соловей- красношейка	<i>Luscinia calliope camtschatkensis</i> (Gmelin, 1789)	Гнездящийся
62	Варакушка	<i>L. svecica svecica</i> (Linnaeus, 1758)	Гнездящийся
63	Соловей-свистун	<i>L. sibilans swistun</i> (Portenko, 1954)	Гнездящийся
64	Синехвостка	<i>Tarsiger cyanurus pacificus</i> (Portenko, 1954)	Редкий гнездящийся
65	Оливковый дрозд	<i>Turdus obscurus</i> (Gmelin, 1789)	Гнездящийся
66	Бурый дрозд	<i>T. eunomus</i> (Temminck, 1831)	Гнездящийся
67	Длиннохвостая синица	<i>Aegithalos caudatus kamtschaticus</i> (Domaniewski, 1933)	Залетный или кочующий
68	Буроголовая гаичка	<i>Parus montanus kamtschatkensis</i> (Bonaparte, 1850)	Гнездящийся и кочующий

№	Название вида	Латинское название	Статус
69	Московка	<i>P. ater (ater) ater</i> (Linnaeus, 1758)	Редкий кочующий
70	Большая синица	<i>P. major major</i> (Linnaeus, 1758)	Очень редкий залетный
71	Поползень	<i>Sitta europaea albifrons</i> (Taczanowski, 1882)	Гнездящийся, мигрирующий
72	Полевой воробей	<i>Passer montanus dybowskii</i> (Domaniewski, 1915)	Мигрирующий
73	Юрок	<i>Fringilla montifringilla</i> (Linnaeus, 1758)	Гнездящийся, мигрирующий
74	Китайская зеленушка	<i>Chloris sinica kawarahiba</i> (Temminck, 1835)	Гнездящийся, мигрирующий
75	Обыкновенная чечетка	<i>Acanthis flammea flammea</i> (Linnaeus, 1758)	Гнездящийся, мигрирующий
76	Пепельная чечетка	<i>A. hornemanni exilipes</i> (Coues, 1862)	Редкий гнездящийся, мигрирующий
77	Сибирский вьюрок	<i>Leucosticte arctoa brunneonucha</i> (Brandt, 1842)	Гнездящийся, кочующий
78	Командорский горный вьюрок	<i>L. tephrocotis maxima</i> (W. S. Brooks, 1915)	Кочующий, возможно гнездящийся
79	Обыкновенная чечевица	<i>Carpodacus erythrinus grebnitskii</i> (Stejneger, 1885)	Гнездящийся, мигрирующий
80	Щур	<i>Pinicola enucleator kamtschatkensis</i> (Dybowski, 1883)	Гнездящийся, мигрирующий
81	Снегирь	<i>Pyrrhula pyrrhula cassinii</i> (Baird, 1869)	Кочующий, возможно гнездящийся
82	Обыкновенный дубонос	<i>Coccothraustes coccothraustes japonicus</i> (Temminck et Schlegel, 1848)	Залетный
83	Овсянка-ремез	<i>Ocyris rustica latifascia</i> (Portenko, 1930)	Гнездящийся, мигрирующий
84	Камчатский дубровник	<i>Ocyris aureolus kamtschatica</i> (Stanchinsky, 1929)	Гнездящийся
85	Сизая овсянка	<i>Ocyris variabilis</i> (Temminck, 1836)	Редкий гнездящийся

Окончание табл. 1

№	Название вида	Латинское название	Статус
86	Лапландский подорожник	<i>Calcarius lapponicus kamtschaticus</i> (Portenko, 1937)	Редкий гнездящийся
87	Пуночка	<i>Plectrophenax nivalis vlasovae</i> (Portenko, 1937)	Кочующий, гнездящийся

### Благодарности

Авторы выражают благодарность всем, кто участвовал в сборе и обработке материала: В. И. Мосолову, В. А. Злотникову, В. Ф. Сарникову. Особенно мы признательны Н. В. Соловьеву, собравшему большое количество фактических данных.

### Литература

Аверин, Ю. В. Наземные позвоночные Восточной Камчатки / Ю. В. Аверин // Тр. Кроноцкого гос. заповедника. Вып. 1. – М., 1948. – 223 с.

Лобков, Е. Г. Вулканы и живые организмы (экологические проблемы в биовулканологии) / Е. Г. Лобков // Новое в жизни, науке и технике. – Сер. биол. – 1988. – № 2. – 64 с.

Лобков, Е. Г. Гнездящиеся птицы Камчатки / Е. Г. Лобков. – Владивосток : ДВНЦ АН СССР, 1986. – 304 с.

Лобков, Е. Г. Птицы / Е. Г. Лобков // Растительный и животный мир Долины Гейзеров. – Петропавловск-Камчатский : Камчатский печатный двор, 2002. – С. 72–136.

Лобков, Е. Г. Экологические адаптации птиц к условиям гнездования на вулканогенных термальных полях / Е. Г. Лобков // Биология и охрана птиц Камчатки. КИЭП ДВО РАН. – М. : Диалог-МГУ, 1999. – С. 122–124.

Люлеева, Д. С. Белопопый стриж на Камчатке / Д. С. Люлеева, В. И. Мосолов, Е. Г. Лобков и др. // Мат. X Всесоюзной орнитолог. конф. – Минск, 1991. – С. 48–49.

Марков, В. И. К биологии белой куропатки, обитающей в восточной вулканической зоне Камчатки / В. И. Марков // Тез. докл. молодежной науч. конф., посвященной 100-летию В. И. Ленина. – М., 1970. – С. 8–10.

Марков, В. И. О значении активных термальных площадок в жизни наземных позвоночных / В. И. Марков // Вопросы экологии: Мат. IV экологической конф. – Т. 6. – Киев : Высшая школа, 1962. – С. 97–98.

Марков, В. И. Сдвиг сроков периодических явлений у птиц в районах активного вулканизма / В. И. Марков // Новости орнитологии. – Алма-Ата : Наука Казахской ССР, 1965. – С. 233–234.

Пинегина, Т. К. Камчатская Долина Гейзеров после катастрофы 3 июня 2007 г. / Т. К. Пинегина, И. Ф. Делемень, В. А. Дроздин и др. // Вестник ДВО РАН – 2008. – № 1. – С. 33–45.

Стенченко, А. М. Жизнь у вулканов / А. М. Стенченко // Человек и природа : Народный университет. – Вып. 6. – М. : Знание, 1980. – С. 19–69.

Стенченко, А. М. Особенности пролета птиц в долине Гейзерной / А. М. Стенченко // Мат. Всес. конф. по миграциям птиц. – Ч. 11. – М. : МГУ, 1975. – С. 44–45.

Стенченко, А. М. Птицы камчатских термоаномалий / А. М. Стенченко // Тез. докл. VII Всес. орнитологической конф. – Ч. 1. – Киев : Наукова Думка, 1977а. – С. 326–327.

Стенченко, А. М. Узон-Гейзерный термальный биоценоз Камчатки / А. М. Стенченко // Вопросы географии Камчатки. – Вып. 7. – Петропавловск-Камчатский, 1977 б. – С. 59–60.

## НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О БИОЛОГИИ И МОРФОЛОГИИ ТРЁХИГЛОЙ КОЛЮШКИ *GASTEROSTEUS ACULEATUS* В СВЯЗИ СО ВСПЫШКОЙ ЕЁ ЧИСЛЕННОСТИ В КУРИЛЬСКОМ ОЗЕРЕ (ЮЖНО-КАМЧАТСКИЙ ЗАКАЗНИК)

П. И. Кириллов<sup>1,2</sup>, Е. А. Кириллова<sup>1,2</sup>, А. А. Бодяничук<sup>3</sup>, А. О. Звездин<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>Институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН  
<sup>2</sup>ФГБУ «Кроноцкий государственный заповедник»  
<sup>3</sup>ФГБОУ ВПО «Камчатский государственный университет  
им. Витуса Беринга»  
e-mail: pkirillov@sevin.ru, ekirillova@sevin.ru

**Ключевые слова:** трёхиглая колюшка, численность, морфологические особенности, Курильское озеро

### Введение

Курильское озеро – один из крупнейших лососёвых водоёмов на Камчатке. Прежде всего, это озеро известно благодаря обитающей в нём крупной популяции нерки. Помимо нерки в нём отмечаются ещё несколько видов лососёвых: голец-мальма, кижуч, кета, горбуша. В течение пресноводного периода жизни с молодь лососёвых рыб совместно обитают представители семейства Колюшковых (*Gasterosteidae*): трёхиглая (*Gasterosteus aculeatus*) и девятииглая (*Pungitius pungitius*) колюшки. По нашим данным (Кириллова и др., 2012), трёхиглая колюшка распространена по всей литорали озера, тогда как девятииглая занимает только специфические биотопы – заболоченные, хорошо прогреваемые заливы.

До недавнего времени учёные не обращали особого внимания на колюшек Курильского озера, в том числе потому, что оба вида не представляют промыслового интереса. Лишь в немногих работах были сделаны попытки выявить и оценить степень пищевой конкуренции трёхиглой колюшки с молодью нерки (Введенская, Травина, 2000, 2001).

Ранее считалось, что только в верховьях р. Озерная обитает небольшая локальная популяция резидентной трёхиглой колюшки (Бугаев, 1995; Бугаев и др., 2009), представленная морфой *leirus*. М. Ю. Пичугин (2011) описал ещё одну морфу – *trachurus* с килем. В 2011 г. наше внимание привлекли многочисленные ходовые стаи трёхиглой колюшки, тянувшиеся сплошной лентой шириной около 0,5 м вдоль западного берега бух. Хагыцин Курильского озера, у м. Сиюшк (Травяной). Размеры стай и число рыб в них дали основание предположить, что в настоящее время наблюдается рост численности трёхиглой колюшки в Курильском озере. Следующий, 2012-й год полностью подтвердил это предположение. Тем более, что в предыдущие годы трёхиглая колюшка в литорали озера отмечалась единично.

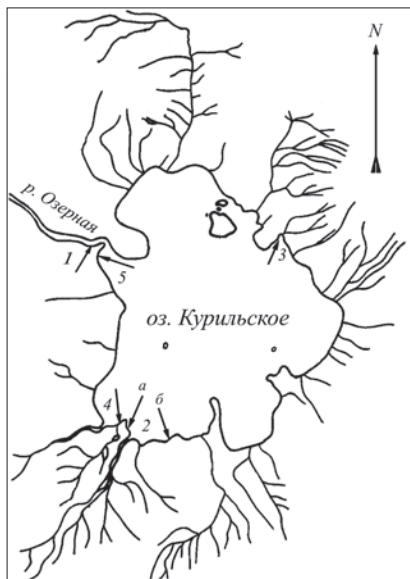
Целью данной работы было выявление некоторых особенностей биологии (распределение, питание, численность в скоплениях) и морфологии (число боковых пластин) трёхиглой колюшки в связи со вспышкой её численности в бассейне Курильского озера.

### **Материалы и методы исследований**

Материал собран в июле–августе 2012 г. в оз. Курильское и в верхнем течении р. Озерная, расположенных на территории Южно-Камчатского заказника. Численность рыб в стаях оценивали визуальным методом с использованием мерной ленты, положенной на дно водоёма, и применением фоторегистрации: просчитывали рыб над участком дна определённой площади. Лов проводили сачком и мальковой волокушей в прибрежном мелководье в реке и на литорали озера в местах массового скопления трёхиглой колюшки (рис. 1).

Размеры выловленных особей составляли от 24 до 63 мм. Количество пойманных рыб отображено в таблице 1.

Отловленных особей фиксировали 7%-ным раствором формальдегида. Костные структуры окрашивали ализарином. Мягкие ткани обесцвечивали 2%-ным перекисью водорода, затем просветляли глицерином, в котором впоследствии хранили пробы. Принадлежность особей к тому или иному фенотипу (морфе) определяли согласно классификации, предложенной В. В. Зюгановым (1991).



**Рис. 1.** Карта-схема оз. Курильское. Цифрами и стрелками обозначены места лова трёхиглой колюшки. 1. – р. Озерная, излучина, левый берег, 800 м ниже истока; 2а. – бух. Хакицин, западный берег; 2б. – бух. Хакицин, юго-восточный берег; 3. – бух. Тёплая; 4. – бух. Этамынк. Отшнуровавшееся озерцо в 400 м от оконечности мыса Сиюшк; 5. – бух. Исток

**Таблица 1.** Объём собранного материала

Место лова	Дата лова	Число рыб, экз.
Река Озерная, излучина, левый берег, 800 м ниже истока	14.07.2012, 06.08.2012	88
Бухта Хакицин, западный берег	25.07.2012	102
Бухта Хакицин, юго-восточный берег	25.07.2012	109
Бухта Тёплая	26.07.2012	33
Бухта Этамынк. Отшнуровавшееся озерцо в 400 м от оконечности м. Сиюшк	07.08.2012	90
Бухта Исток	30.08.2012	164

### Результаты и их обсуждение

В 2012 г. огромные ходовые стаи и кормовые скопления разно-возрастной трёхиглой колюшки были отмечены в июле у м. Сиюшк – у западного и юго-восточного берегов бух. Хакицин и по восточному берегу бух. Этамынк. Рыбы двигались в ходовых стаях сплошной лентой вдоль берега, периодически останавливаясь для питания и образуя

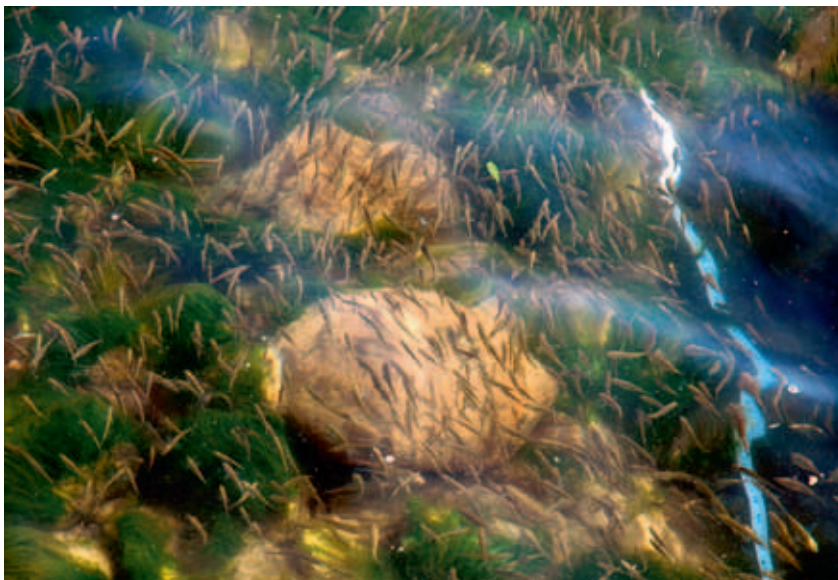
кормовые скопления. В конце августа ходовые стаи, состоящие в основном из подросших сеголетков, отмечались уже в прибрежной зоне бух. Исток, недалеко от истока р. Озерная. Очевидно, в августе новое поколение колюшек начало расселяться по водоёму.

Оценка численности трёхиглой колюшки у западного берега бух. Хакцин показала, что только в 250-метровой прибрежной полосе (шириной около 1,5 м) в ходовых стаях и кормовых скоплениях одновременно находятся 720 750 особей. Т. е. над одним квадратным метром дна постоянно присутствует около двух тысяч рыб размером от 3 до 7 см (рис. 2). В этих же скоплениях (стаях) совместно с трёхиглой колюшкой отмечалась молодь нерки (сеголетки) и мальмы (двух- и трёхлетки). Их доля составляла около 5 % от общего числа рыб.

Несомненно, такое громадное количество трёхиглой колюшки свидетельствует о вспышке её численности. Было сделано предположение о том, что это может стать причиной обострения конкуренции за кормовые ресурсы данного вида с молодьёю нерки.

Чтобы проверить это предположение, мы провели качественный анализ питания сеголетков трёхиглой колюшки и сеголетков нерки (по 25 экз.) из литорали бух. Исток. Оказалось, что находясь в совместных стаях, сеголетки обоих видов потребляют в основном одни и те же кормовые объекты – планктонных ветвистоусых (*Cyclops sp.* – науплиальные и копеоподитные стадии) и веслоногих (*Daphnia*) рачков. Помимо рачков колюшки питались личинками комаров звонцов (*Chironomidae*). Сеголетки нерки их также потребляли, но гораздо реже. Проведенные ранее исследования питания трёхиглой колюшки в Курильском озере показали, что они, являясь бентофагами, не питаются планктонными рачками (Введенская, Травина, 2000, 2001). Впервые обнаруженное нами сходство в потреблении объектов питания сеголетков трёхиглой колюшки и нерки в Курильском озере, несомненно, указывает на наличие между ними конкуренции за пищу в течение всего периода нахождения сеголетков нерки в литорали (с мая по август включительно). В сентябре сеголетки нерки в большинстве своём откочёвывают в пелагиаль озера и таким образом оказываются разделены с колюшкой в пространстве. Пищевая конкуренция между этими двумя видами – явление хорошо известное для отдельных озёр (Крохин, 1970; Зюганов, 1991; Бугаев, 1995 и др.). Для выяснения степени конкуренции между трёхиглой колюшкой и неркой в Курильском озере необходимо проведение подробных количественных исследований их питания.





**Рис. 2.** *Кормовое скопление трёхиглой колюшки у западного берега бух. Хагыцин. Для оценки плотности скопления на дно положена мерная лента (на фото справа)*

Изучение внутривидового разнообразия трёхиглой колюшки выявило большее число морф (фенотипов), чем считалось ранее. Число боковых костных пластин на теле колюшек и хвостовом стебле (где они, сливаясь в гребень, образуют т. н. киль) сильно варьирует – от 0 до 35 шт. На основании количества боковых пластин на теле и наличия или отсутствия их на хвостовом плавнике (наличие или отсутствие кия) можно судить о принадлежности особи к той или иной морфе (Зюганов, 1991). Наши исследования 2012 г. (Кириллова и др., 2013) показали, что популяция трёхиглой колюшки Курильского озера является, как минимум, пятиморфной и представлена пятью фенотипами: *leirus* без кия, *leirus* с килем, *semiarmatus* без кия, *semiarmatus* с килем, *trachurus* с килем (рис. 3).

Морфы *trachurus* и *leirus* преобладают в уловах, однако соотношение их различно в разных частях озера и в верховьях р. Озерная. Доля первых колеблется от 26 до 51 %, вторых – от 43 до 54 %. Только на

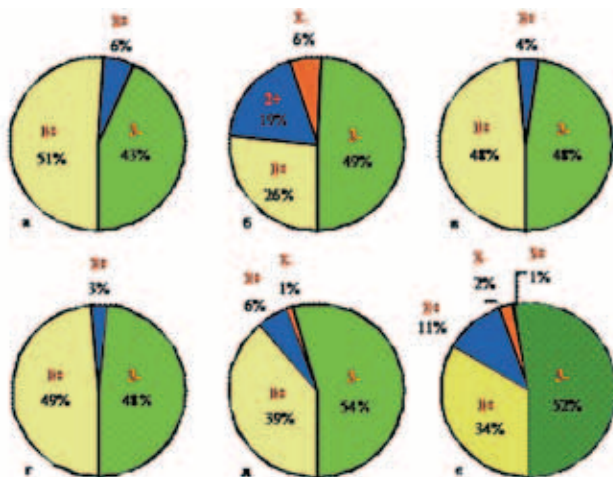
одном участке (бух. Хакыцин, западный берег) доля *semiarmatus* составила 25 % (рис. 4). Можно предположить, что на данном участке озера обитает локальная субпопуляция трёхиглой колюшки, но это предположение требует особого исследования.



**Рис. 3.** Пять морфотипов трёхиглой колюшки Курильского озера.  
а. – *leiurus* без килля, б. – *leiurus* с килем, в. – *semiarmatus* без килля,  
г. – *semiarmatus* с килем, д. – *trachurus* с килем. Костные элементы окрашены  
ализарином. Стрелками указан киль на хвостовом стебле

Следует отметить, что, возможно, некоторые из исследованных особей в силу своих размеров (менее 28 мм) относились к промежуточным

стадиям развития морф. Однако те особи, которых мы отнесли к морфе *trachurus*, уже при длине всего 24 мм имели полный ряд пластин. Что дало нам право рассматривать особей с длиной тела более 24 мм как относящихся к той или иной морфе.



**Рис. 4.** Соотношение различных морф трёхиглой колюшки (в %) из разных местообитаний в бассейне Курильского озера. Красными цифрами указана принадлежность к определённой морфе. 1+ – *trachurus* с килем; 2- – *semiarmatus* без кия; 3+ – *leiurus* с килем; 3- – *leiurus* без кия. а. – р. Озерная, излучина, левый берег, 800 м ниже истока; б. – бух. Хакицин, западный берег; в. – бух. Хакицин, юго-восточный берег; г. – бух. Тёплая; д. – бух. Этамынк. Отшнуровавшееся озерцо в 400 м от оконечности м. Сиюшк; е. – бух. Исток

### Заклучение

Наблюдаемая второй год подряд вспышка численности трёхиглой колюшки и состав потребляемой ею пищи, несомненно, вызывает вопрос, не окажет ли это явление негативное воздействие на состояние популяции основного вида Курильского озера – нерки. Однозначный ответ на этот вопрос дать сложно. Дело в том, что колюшки относятся к так называемым короткоцикловым рыбам, для которых характерны ранняя половозрелость и способность к саморегуляции численности при повышении или снижении обеспеченности пищей. Иными словами, когда

пищи становится мало, их численность быстро снижается и наоборот. По-видимому, происходящая в настоящее время вспышка численности трёхиглой колюшки связана с улучшением кормовых условий в озере на фоне отмечаемой в последнее время тенденции к общему повышению температуры воды в Курильском озере (Лепская, Маслов, 2009).

Вспышки численности у трёхиглой колюшки – хорошо известное явление (Зюганов, 1991). Возможно, происходящее в настоящее время резкое увеличение количества трёхиглой колюшки в прибрежье Курильского озера окажет негативное воздействие на численность и качество поколений нерки 2011–2012 гг. Однако едва ли следует опасаться того, что колюшка «выдавит» нерку из Курильского озера. Во-первых, в сентябре происходит разобшение в пространстве сеголетков нерки и трёхиглой колюшкой, что обеспечивает снижение пищевой конкуренции. Во-вторых, сам факт сосуществования колюшек и лососёвых во многих водоёмах на протяжении многих тысяч лет свидетельствует о том, что виды адаптировались к совместному существованию (Зюганов, 1991).

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (11-04-00686-а); Программ Президента РФ «Господдержка молодых российских ученых» (МК-6298.2013.4) и «Ведущие научные школы» (НШ-719.2012.4); Программы фундаментальных исследований Президиума РАН «Живая природа»; грантов Федерального агентства по науке и инновациям в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. (госконтракты 16.740.11.0617, 02.740.11.0280, 02.740.11.0165 и 02.740.11.0174).

## Литература

Бугаев, В. Ф. Азиатская нерка (пресноводный период жизни, структура лодальных стад, динамика численности) / В. Ф. Бугаев. – М.: Колос. – 2005. – 464 с.

Бугаев, В. Ф. Озерновская нерка: биология, численность, промысел / В. Ф. Бугаев, А. В. Маслов, В. А. Дубынин. – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс. – 2009. – 156 с.

Введенская, Т. Л. Роль донных беспозвоночных в питании молоди нерки (*Oncorhynchus nerka*, Walbaum) оз. Курильского / Т. Л. Введенская, Т. Н. Травина // Доклады II областной Камчатской научно-практической конференции «Проблемы охраны и рационального использования биоресурсов Камчатки». – Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. – 2000. – С. 73–80.

Введенская, Т. Л. Роль донной фауны беспозвоночных оз. Курильское в питании молоди нерки *Oncorhynchus nerka* / Т. Л. Введенская, Т. Н. Травина // Вопросы ихтиологии. – 2001. – Т. 41. – № 4. – С. 518–524.

Зюганов, В. В. Семейство колюшковых (Gasterosteidae) мировой фауны / В. В. Зюганов // Фауна СССР. Нов. сер. – № 137. – Рыбы. – 1991. – Т. 5. – Вып. 1. – 261 с.

Кириллова, Е. А. Морфологическое разнообразие трехиглых колюшек *Gasterosteus aculeatus* Курильского озера (Южная Камчатка) / Е. А. Кириллова, П. И. Кириллов, А. А. Бодячук, А. О. Звездин // Экология Камчатки и устойчивое развитие региона: Мат. I Всероссийской научно-практ. конф. Петропавловск-Камчатский, 22–23 окт. 2012 г.; КамГУ им. Витуса Беринга – Петропавловск-Камчатский : КамГУ им. Витуса Беринга. – 2013. – С. 73–79.

Кириллова, Е. А. Состав ихтиофауны, распределение и миграции молоди рыб в бассейне Курильского озера и реки Озерной (южная Камчатка) / Е. А. Кириллова, П. И. Кириллов, А. О. Звездин, Д. С. Павлов // Сб. научн. тр. Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника. Вып. 2. – Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс. – 2012. – С. 221–230.

Крохин, Е. М. Оценка биомассы и численности трёхиглой колюшки в озере Дальнее, основанная на пищевом потреблении / Е. М. Крохин // Вопросы ихтиологии. – 1970. – № 10. – С. 637–642.

Лепская, Е. В. Долгосрочные изменения гидрометеорологической обстановки в бассейне озера Курильского (Камчатка) и особенности трансформации «рыбного» фосфора в озерной экосистеме / Е. В. Лепская, А. В. Маслов // Известия ТИНРО. – Т. 158. – 2009. – С. 293–302.

Пичугин, М. Ю. Морфологические и биологические особенности колюшек (Gasterosteiformes) из верховьев реки Озерной (юго-западная Камчатка) / М. Ю. Пичугин // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: тез. докл. в XII международ. научн. конф., посвящ. 300-летию со дня рожд. С. П. Крашенинникова. – Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2011. – С. 254 – 257.

## **СТАФИЛИНИДЫ (COLEOPTERA, STAPHYLINIDAE) КРОНОЦКОГО ЗАПОВЕДНИКА И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ КАМЧАТКИ. ДОПОЛНЕНИЕ I**

*Л. Е. Лобкова<sup>1</sup>, В. Б. Семенов<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>ФГБУ «Кроноцкий государственный заповедник»,  
e-mail: lel47@mail.ru*

*<sup>2</sup>Институт медицинской паразитологии и тропической медицины  
им. Е. И. Марциновского*

Приводится аннотированный список 28 видов стафилинид, из которых 20 видов впервые указываются для фауны Камчатки. *Liogluta granulosa* Lohse,

1990, *Atheta (Philhygra) pseudopolaris* (Klimaszewski and Langor, 2011), *Atheta (Dimetrota) nearctica* Lohse, 1990 впервые указываются для территории Палеарктики, *Mycetoporus eppelsheimianus* Fagel, 1968 и *Amischa andreasi* Muona, 1990 – для Восточной Палеарктики.

**Ключевые слова:** Камчатка, Staphylinidae, аннотированный список

### Введение

Стафилиниды – одно из наименее изученных семейств жуков на Камчатке. В 2012 г. были подведены итоги сборов стафилинид за 1972–2011 гг. в Кроноцком заповеднике и на сопредельных территориях Камчатки. В результате был опубликован аннотированный список, включающий 58 видов этого семейства, из которых 46 видов зарегистрированы на территории заповедника (Лобкова, Семенов, 2012). В этом списке 34 вида впервые указываются для фауны Камчатки, *Atheta pinegensis* Muona, 1983, *Oxyroda operta* Sjöberg, 1950, *Aleochara brundini* Bernhauer, 1936 и *Philonthus alpinus* Eppelsheim, 1875 впервые встречены на востоке Палеарктики, а *Aleochara sekanai* Klimaszewski, 1985 впервые указывается для территории Палеарктики.

### Материал и методики

В 2012–2013 гг. сборы стафилинид как в Кроноцком заповеднике, так и на сопредельной территории были продолжены. Исследованиями были охвачены основные биотопы Узон-Гейзерного района (с участием волонтера Е. Лепо), просмотрены сборы прошлых лет, как одного из авторов настоящей работы (Л. Лобковой), так и других сотрудников заповедника: Т. Стенченко (Узон), Е. Власова (кордон Скала на р. Баранья), Л. Овчаренко (исток р. Кроноцкая), О. Капустьян (р. Лиственничная). Всем этим лицам авторы выражают искреннюю признательность. Кроме того, интересный материал был обнаружен в желудке гольца с оз. Дальнее (Узон).

На сопредельных территориях жуки собирались в грибах и под корой трухлявых пней в окрестностях г. Елизово, на поверхности воды в термальных бассейнах в районе пос. Термальный (Елизовский район), проведены сборы жуков в ловушки Барбера в пойме водосбора оз. Дальнее (г. Вилючинск, стационар ТИНРО). В качестве дополнительного материала приводятся данные из личной коллекции В. Семенова.

Географические координаты пунктов сбора стафилинид, не приве-

денные в предыдущей статье (Лобкова, Семенов, 2012), даются при первом упоминании.

Данные по общему распространению видов взяты преимущественно из «Catalogue of Palaearctic Coleoptera» (Löbl, Smetana, 2004).

## АННОТИРОВАННЫЙ СПИСОК

Семейство *Staphylinidae* Latreille, 1802

Подсемейство *Omalinae* MacLeay, 1825

\**Omalium strigicolle* Wankowicz, 1869.

**Материал:** Кроноцкий заповедник, Долина гейзеров, каменноберезник, трухлявый ствол поваленной березы, в ловчую банку, 20.VI.2012, Е. Лепо – 2♀♀; Узон, 1-й участок Восточного термального поля, в ловчую банку, 6.VII.2012, Е. Лепо – 1♂ (колл. В. Семенова).

**Распространение:** Голарктика.

*Phloeostiba lapponica* (Zetterstedt, 1838).

**Литературные данные:** Ryabukhin, 1999 (окрестности Эссо).

**Материал:** Кроноцкий заповедник, р. Лиственничная (160°21'3,17" в. д. 54°53'53,08" с. ш., 377 м над ур. м.) 28.VII.1986, О. Капустьян – 1 экз.

**Распространение:** Голарктика.

Подсемейство *Tachyporinae* MacLeay, 1825

\**Mycetoporus montanus* Luze, 1901.

**Материал:** Кроноцкий заповедник, Долина гейзеров, каменноберезник, трухлявый ствол поваленной березы, в ловчую банку, 29.VI.2012, Е. Лепо – 1 экз.

**Распространение:** Европа, Сибирь, Д. Восток.

\**Mycetoporus eppelsheimianus* Fagel, 1968.

**Материал:** Кроноцкий заповедник, «Скала», 29.VII.1986, Е. Власов – 1 экз.

**Распространение:** Европа, Турция. Впервые указывается для фауны Восточной Палеарктики.

\**Tachyporus hypnorum* Fabricius, 1775.

**Материал:** пос. Термальный, на воде, t = 38 °C, 15.VI.2013, Л. Лобкова – 1 экз.

**Распространение:** Палеарктика.

\**Tachinus marginatus* Fabricius, 1792.

**Материал:** р. Коль, под снулой рыбой, 8.VIII.2010, Е. Лобков – 2 экз.

**Распространение:** Европа, Сибирь, Д. Восток, Монголия, Китай, Корея.

Подсемейство *Aleocharinae* Fleming, 1821

*Gymnusa inexpectata* Klimaszewski, 1979.

**Литературные данные:** Klimaszewski, 1979 («Kluchevskoye» – типовое местонахождение).

**Материал:** пос. Термальный, на воде, t = 38 °С, 15.VI.2013, Л. Лобкова – 1♂ (колл. В. Семенова).

**Распространение:** до настоящего времени был известен по 2♂♂, описанным с Камчатки.

\**Liogluta granulosa* Lohse, 1990.

**Материал:** Кроноцкий заповедник, Узон, оз. Дальнее, в желудке гольца, 3.VIII.2012, Л. Лобкова – 1♀.

**Дополнительный материал:** ALASKA, 76-55, Homer, IAB Field st., 19.VIII.1976, Е. Matys – 8♂♂, 11♀♀ (колл. В. Семенова); Хабаровский край, Охотский р-н, устье р. Амка (басс. р. Улья), 6.VIII.1987, Н. Сукачева – 1♂ (колл. В. Семенова); там же, подстилка в ольховнике в пойме, 10.VIII.1987, А. Жерихин, Н. Сукачева – 1♂, 2♀♀ (колл. В. Семенова); окрестности Охотска, 27.VIII.1985, Н. Сукачева – 1♀ (колл. В. Семенова).

**Распространение:** С. Америка. Впервые указывается для фауны Парарктики.

\**Atheta (Philhygra) pseudopolaris* Klimaszewski and Langor, 2011.

**Материал:** пос. Козыревск, пойма р. Камчатка, 21.VI.1975, Б. Коротяев – 4♂♂, 4♀♀ (колл. В. Семенова).

**Распространение:** С. Америка. Впервые указывается для фауны Парарктики.

\**Atheta (Boreophilia) islandica* Kraatz, 1857.

**Материал:** Кроноцкий заповедник, Узон, 1-й участок Восточного термального поля, 14.IX.1977, Т. Стенченко – 1 экз.

**Распространение:** С. Европа, Сибирь, С. Корея; С. Америка.

\**Atheta (Dimetrota) nearctica* Lohse, 1990.



**Материал:** пос. Эссо, тундровидный участок в кедровом стланике, 23.VIII.1990, Т. Павленко – 1♀.

**Распространение:** С. Америка. Впервые указывается для фауны Палеарктики.

\**Atheta* (s. str.) *brunneipennis* Thomson, 1852.

**Материал:** Кроноцкий заповедник, Семячикский лиман, из почвенной пробы на берегу, 1.VII.2006, Л. Лобкова – 1♂ (колл. В. Семенова).

**Распространение:** С. Европа, Сибирь, Д. Восток.

\**Atheta* (s. str.) *diversa* Sharp, 1869.

**Материал:** Кроноцкий заповедник, р. Баранья, под корой лиственницы, 12.IX.2001, Л. Лобкова – 1♂.

**Распространение:** С. и Ц. Европа. Впервые указывается для фауны Восточной Палеарктики.

\**Atheta* (s. str.) *boleticola* J. Sahlberg, 1876.

**Материал:** Елизово, в сыроежке, 20.VIII.2009, Л. Лобкова – 1♂, 1♀.

**Распространение:** С. Европа, Сибирь.

\**Amischa andreasi* Muona, 1990.

**Материал:** Долина гейзеров, химический термальный склон (термо-соли), под моховым покрывалом, 12.XII.2007, Л. Лобкова – 1♀ (колл. В. Семенова).

**Дополнительный материал:** Ю. Ямал, 222-й км трассы на пос. Бованенский, насыпь трассы, 7.VII.2002, А. Соколов – 1♀ (колл. А. Соколова); там же, 1.VI.2002, А. Соколов – 1♀ (колл. В. Семенова); Таймырский АО, плато Путорана, гора Дынкенгда, оз. Собачье, дриадник на гребне, заросшее пятно, 31.VII.1997, А. Бабенко – 1♀ (колл. А. Соколова); Красноярский край, Туруханский р-н, пос. Бор, край леса, на песчаном валу в сухой траве, 16.V.1992, В. Семенов – 8♂♂, 7♀♀ (колл. В. Семенова).

**Распространение:** описан по 1♂ из Финляндии. Впервые указывается для фауны Восточной Палеарктики.

\**Amischa analis* Gravenhorst, 1802.

**Материал:** Елизово, совхоз Пограничный, капустное поле, 9-15.X.1979, Л. Лобкова – 2 экз.

**Распространение:** Палеарктика.

**\**Aleochara bipustulata*** Linnaeus, 1761.

**Материал:** 35 км от границы Кроноцкого заповедника, стационар Макарка, кошение по злаковым травам, 17.VI.1986, Л. Лобкова – 1 экз.

**Распространение:** Палеарктика.

Подсемейство ***Steninae*** MaLeay, 1825

***Stenus juno*** Paykull, 1789.

**Литературные данные:** Ryabukhin, 1999 (окрестности Козыревска и Крапивной).

**Материал:** г. Вилючинск, оз. Дальнее (158°19'51,614" в. д., 52°56'1,191" с. ш.), пойма, 25-30.VII.2013, Л. Лобкова – 1 экз.

**Распространение:** Голарктика.

***Stenus bilineatus*** J. Sahlberg, 1871.

**Литературные данные:** Ryabukhin, 1999 (окрестности Крапивной).

**Материал:** Кроноцкий заповедник, Узон, 1-й участок Восточного термального поля, в ловчую банку, 4.VII.1986, Л. Лобкова – 1♂ (колл. В. Семенова).

**Распространение:** С. Европа, Сибирь, Д. Восток; С. Америка.

Подсемейство ***Paederinae*** Fleming, 1821

***Tetartopeus nigrus*** LeConte, 1863.

**Литературные данные:** Рывкин, 1989 (Петропавловск-Камчатский); Ryabukhin, 1999 (Петропавловск-Камчатский и окрестности Эссо).

**Материал:** Кроноцкий заповедник, Узон, 1-й участок Восточного термального поля, в ловчую банку, 6.VIII.2012, Л. Лобкова – 1♂; Елизово, трухлявый пень ивы, 17.X.2011, Л. Лобкова – 1♂ (колл. В. Семенова); пос. Термальный, на воде, t = 38 °С, 15.VI.2013, Л. Лобкова – 1 экз.

**Распространение:** Чукотка, Камчатка; С. Америка.

***Lathrobium brunripes*** Fabricius, 1792.

**Литературные данные:** Рябухин, 2011: на Северо-востоке Азии распространен в Магаданской области и на Камчатке.

**Материал:** Кроноцкий заповедник, Долина гейзеров, каменнобеременный, в ловчую банку, 3.VIII.2011 – 1 экз.; Елизово, трухлявый пень ивы, 17.X.2011, Л. Лобкова – 1♂.

**Распространение:** Палеарктика.

Подсемейство **Staphylininae** Latreille, 1802

\***Gyrophypnus angustatus** Stephens, 1833.

**Материал:** пос. Термальный, на воде, t = 38 °С, 15.VI.2013, Л. Лобкова – 2 экз.

**Распространение:** Голарктика.

\***Gabrius appendiculatus** Sharp, 1910.

**Материал:** Елизово, совхоз Пограничный, капустное поле, 8.10.1979, Л. Лобкова – 1♂.

**Распространение:** Палеарктика; Канада.

\***Bisnius sordidus** Gravenhorst, 1802.

**Материал:** пос. Термальный, на воде, t = 38 °С, 15.VI.2013, Л. Лобкова – 1 экз.

**Распространение:** Космополит.

\***Philonthus rectangulus** Sharp, 1874.

**Материал:** пос. Термальный, на воде, t = 38 °С, 15.VI.2013, Л. Лобкова – 1 экз.

**Распространение:** Космополит.

\***Philonthus nigrita** Gravenhorst, 1806.

**Материал:** пос. Термальный, на воде, t = 38 °С, 15.VI.2013, Л. Лобкова – 1♂.

**Распространение:** Палеарктика.

**Quedius mesomelinus** Marsham, 1802.

**Литературные данные:** Ryabukhin, 1999 (окрестности Петропавловска-Камчатского, Милькова, Эссо и Ключей).

**Материал:** Кроноцкий заповедник, Узон, 1-й участок Восточного термального поля, в ловчую банку, 8.VIII.2011, Л. Лобкова – 1 экз.; г. Вилючинск, оз. Дальнее, пойма, 25-30.VII.2013, Л. Лобкова – 1 экз.

**Распространение:** Космополит.

**Quedius tenellus** Gravenhorst, 1806.

**Литературные данные:** Smetana, 1978 (oz. i r. Lozheshnaya, okr. Kliuchei).

**Материал:** Кроноцкий заповедник, исток р. Кроноцкая, ловчая банка, 20.IX.1986, Овчаренко – 1 экз.

**Распространение:** Европа, Сибирь, Монголия.

## Дополнительные данные к ранее приводимым видам

***Acidota crenata*** Fabricius, 1792.

**Литературные данные:** Лобкова, Семенов, 2012 (Кроноцкий Заповедник, влк. Бурлящий).

**Материал:** Узон, оз. Дальнее, в желудке гольца, 3.VIII.2012, Л. Лобкова – 6 экз.

***Tachyporus atriceps*** Stephens, 1832.

**Литературные данные:** Лобкова, Семенов, 2012 (р. Коль).

**Материал:** Кроноцкий заповедник, Узон, 1-й участок Восточного терминального поля, в ловчую банку, 8.VII.1986 – 1 экз.; Елизово, в подстилке, 19.IV.1987, Л. Лобкова – 1 экз.; г. Вилючинск, оз. Дальнее, каменноберезник, почвенные ловушки, 25-30.VII.2013, Л. Лобкова – 1 экз.

***Tachinus elongatus*** Gyllenhal, 1810.

**Литературные данные:** Лобкова, Семенов, 2012 (Кроноцкий заповедник: вулкан Бурлящий, Долина гейзеров, р. Кроноцкая; Елизово).

**Материал:** Долина гейзеров, 1000 м над ур. м., на снегу, 2.VI.2006, Л. Лобкова – 1 экз.

## Заключение

Настоящий аннотированный список включает 27 видов стафилинид. Из этих видов *Liogluta granulosa*, *Atheta pseudopolaris* и *A. nearctica* были ранее известны лишь из Северной Америки, а *Mycetoporus eppelsheimianus* и *Amischa andreasii* впервые указываются для фауны Восточной Палеарктики. 20 видов впервые зарегистрированы на территории Камчатки (отмечены \*): *Omalium strigicolle*, *Mycetoporus montanus*, *M. eppelsheimianus*, *Tachyporus hypnorum*, *Tachinus marginatus*, *Liogluta granulosa*, *Atheta pseudopolaris*, *A. islandica*, *A. nearctica*, *A. brunneipennis*, *A. diversa*, *A. boleticola*, *Amischa andreasii*, *A. analis*, *Aleochara bipustulata*, *Gyrohypnus angustatus*, *Gabrius appendiculatus*, *Bisnius sordidus*, *Philonthus rectangulus*, *Ph. nigrita*.

В настоящей работе 15 видов стафилинид впервые указываются для Кроноцкого заповедника. Всего, с учетом предыдущего аннотированного списка (Лобкова, Семенов, 2012), в заповеднике выявлено 62 вида Staphylinidae. Только в заповеднике обнаружен 21 вид. На территории Кроноцкого заповедника также могут быть найдены *Tachinus marginatus*, *Atheta pseudopolaris*, *A. nearctica*, *A. boleticola*, *Amischa analis*, *Gabrius appendiculatus*.

## **Литература**

Лобкова, Л. Е. Стафилиниды (Coleoptera, Staphylinidae) Кроноцкого заповедника и сопредельных территорий Камчатки / Л. Е. Лобкова, В. Б. Семенов // Тр. Кроноцкого государственного природного биосферного заповедника. – Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2012. – Вып. 2. – С. 85–102.

Рывкин, А. Б. К познанию стафилинид подсемейства Paederinae (Coleoptera, Staphylinidae) Сибири и Монголии / А. Б. Рывкин // Зоологический журнал. – 1989. – № 68 (6). – С. 66–77.

Рябухин, А. С. Стафилиниды (Insecta, Coleoptera) / А. С. Рябухин // Растительный и животный мир заповедника «Магаданский». – Магадан : СВНЦ ДВО РАН, 2011. – С. 108–118.

Klimaszewski, J. A revision of the Gymnusini and Deinopsini of the world (Coleoptera: Staphylinidae, Aleocharinae) / J. Klimaszewski // Can. Dep. Agric. Publ. – 1979. – № 25. – 169 pp.

Löbl, I. Catalogue of Palaearctic Coleoptera / I. Löbl, A. Smetana // Hydrophiloidea – Histeroidea – Staphylinoidea. Stenstrup : Apollo Books, 2004. – Vol. 2. – 942 p.

Ryabukhin, A. S. A catalogue of rove beetles (Coleoptera: Staphylinidae exclusive of Aleocharinae) of the northeast of Asia. Sofia / A. S. Ryabukhin. – Moscow : Pensoft, 1999. – 137 p.

Smetana, A. Remarks on some Siberian Quedius (Coleoptera, Staphylinidae) (106th contribution to the knowledge of Staphylinidae) / A. Smetana // Entomol. Blätter. – 1978. – № 74 (1–2). – S. 84–88.

## **БАБОЧКИ MACROLEPIDOPTERA ИЗ КРОНОЦКОГО ЗАПОВЕДНИКА, НОВЫЕ ДЛЯ КАМЧАТСКОГО КРАЯ**

*Л. Е. Лобкова<sup>1</sup>, А. В. Свиридов<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>ФГБУ «Кроноцкий государственный заповедник»  
e-mail: lel47@mail.ru*

*<sup>2</sup>Научно-исследовательский Зоологический музей МГУ  
e-mail: sviridov@zmmu.msu.ru*

**Ключевые слова:** Кроноцкий заповедник, бабочки Macrolepidoptera, новые для Камчатки виды

## **Введение**

Изучение чешуекрылых Macrolepidoptera в Кроноцком заповеднике было начато в 1971 г. с включением в штат заповедника энтомолога Л. Е. Лобковой. Коллекция, собранная ею в 1972–1976 гг., была передана

для определения К. Ф. Седых. В его статье (Седых, 1979) для территории заповедника, главным образом по нашим сборам, приводится 175 видов из следующих больших групп и семейств: *Diurna* – дневные бабочки – 30 видов, *Sphingidae* – бражники – 1, *Arctiidae* – медведицы – 1, *Notodontidae* – хохлатки – 5, *Noctuidae* – совки – 84, *Geometridae* – пяденицы – 53, *Cymatophoridae* – пухоспинки – 1 вид. Однако специалистами признано, что списки по фауне Камчатки К. Ф. Седых (1978) и А. Н. Сметанина (1999) составлены без прямого участия специалистов и нуждаются в проверке материала (Свиридов, Лобкова, 2006). В последующем все работы по чешуекрылым Камчатки были обобщены в Определителе Дальнего Востока России (далее – Определитель ДВ) том IV в 5 частях, в том числе и по *Macrolepidoptera* (Определитель ДВ, 2001, 2003, 2005), а также в Каталоге чешуекрылых России (Каталог, 2008). Кроме того, выходили статьи по совкам-металловидкам ДВ (Ключко, 1986), по новым видам совок для Камчатки (Свиридов, Лобкова, 2006, 2008), которые не вошли в базовые списки (Определитель ДВ, 2001, 2003, 2005; Каталог, 2008).

### **Материал и методики**

Бабочек собирали накопительным порядком методиками, общепринятыми для различных групп чешуекрылых. Днем бабочек собирали на стационарах и вдоль пешеходных маршрутов Жупаново – Семячикская коса – Семячикские Ключи – влк. Бурлящий – кальдера Узон – Долина гейзеров – р. Шумная – Жупаново. Ночных бабочек ловили на свет лампы ДРЛ-250 в периоды 1972–1976 и 1985–1997 гг. в районе пос. Жупаново и Семячикского лимана (в 4 км от Жупаново), в 2002–2012 гг. – в Узон-Гейзерном районе. Лов осуществляли вручную в течение 1 часа в июле–августе–сентябре в теплую (до +8 °С), пасмурную, безветренную погоду с наступлением полной темноты. Кроме того, в июне 1985–1986 гг. провели ночные сборы на кордоне заповедника Макарка (5 км от поселка Лазо, в 35 км от границы заповедника), в 1985 г. – в пос. Кроноки, в 1987 г. – на кордоне Чажма. Нам были переданы также сборы на свет, проведенные на кордоне Богачевка в 1985 г. О. Чернягиной, на кордоне исток р. Кроноцкой в 1985 г. – Л. Овчаренко, и в 2012 г. – Л. Зеленской. Просмотрены также все фотографии, поступившие в Кроноцкий заповедник в результате фотоконкурса «Бабочки Камчатки», особенная благодарность авторам фотографий редких видов бабочек: Д. Горшкову, Р. Бухаловой, М. Писаревой, В. Аксенову. Для данной статьи из всех наших сборов были выбраны виды, распространение которых не указано

в базовых списках (Определитель ДВ, 2001, 2003, 2005; Каталог, 2008). Все приведенные в статье виды определены А. В. Свиридовым, кроме определений 1994 г. Г. С. Золотаренко и В. С. Кононенко, указанных в каждом случае; пяденицы определены Е. А. Беляевым. Всем этим систематикам авторы выражают искреннюю признательность. Информация в аннотированном списке располагается по следующей схеме: порядковый номер, номер вида (в скобках) в соответствии с Каталогом (2008); систематика вида (латинское название, где имеется – русское, автор и год первоописания); материалы сборов (место сбора, биотоп, дата, количество экземпляров – экз.); литературные данные (экология, распространение). Данные по систематике, распространению и экологии взяты, в основном, из многотомника «Определитель насекомых Дальнего Востока России» со ссылкой на соответствующие страницы и с сокращениями, принятыми в нем: ДВ – Дальний Восток, Чук. АО – Чукотский АО, Маг. – Магаданская область, Кам. – Камчатская обл., Коряк. – Корякский АО, Хаб. – Хабаровский край, ЕАО – Еврейская АО, Амур. – Амурская обл., Прим. – Приморский край, Сах. – о-в Сахалин, Кур. – Курильские острова, Якут. – Якутия, Сиб. – Сибирь, Заб. – Забайкалье, Чит. – Читинская обл., Бур. – Бурятия, Иркут. – Иркутская обл., европ. ч. – европейская часть; Ц – центр (центральный); С – север (северный), Ю – юг (южный), В – восток (восточный), З – запад (западный). Размах крыльев бабочек приведен в мм. Номера видов указываются в соответствии с Каталогом, 2008. Координаты кордонов заповедника приведены при первом упоминании.

## АННОТИРОВАННЫЙ СПИСОК ВИДОВ

### ГЕОМЕТРИДАЕ – ПЯДЕНИЦЫ

1. (7147). *Cleta jacutica* Viidalepp, 1976.

**Материал.** Макарка (159°45'36,747" в. д., 55°32'39,966" с.ш. 60 м над ур. м.), опушка белоберезняка, 15.06.1986, 1 экз.; Елизово, каменисто-березовый лес, 18.06.2012, 1 экз.

**Экология.** Бабочки размером 11–12 мм, летают в июне на лесных полянах и разнотравных лугах.

**Распространение.** Бурятия, Южно-Якутский регион (Каталог, 2008), для Камчатки не указан.

**Замечание.** Обитание этого вида возможно на территории заповедника в сходных биотопах, например по р. Левая Щапина.

2. (7285). *Cyclophora albipunctata* Hufnagel, 1767 (= *pendularia* auct., non Clerck, 1759).

**Материал.** Узон (160°0'48" в. д., 54°30'3" с. ш.; 650 м над ур. м.), кустарничковая тундра с включением разнотравья, 19.07.2007, 1 экз.; Макарка опушка белоберезняка, 15.06.1986, 2 экз.

**Экология.** Бабочки размером 22–28 мм, летают в июне–июле в березовых лесах, гусеницы питаются на листьях берез, зимуют гусеницы.

**Распространение.** Маг., Амур., ЕАО, Хаб., Сах., Кур., Прим.; Ю Якут, Сиб., европ. ч. (Каталог, 2008), для Камчатки не указан.

3. (7783). *Eupithecia intricata* Zetterstedt, 1839.

**Материал.** Узон, кустарничковая тундра с включением разнотравья, 19.07.2007, 1 самка; Жупаново, на свет, 25.07.1974, 1 экз.

**Экология.** Бабочки размером 18 мм, летают в июле на разнотравных лугах.

**Распространение.** Палеаркт: Ю Хаб., ЕАО, Бурятия, Читинская обл.; для Камчатки указан не был (Каталог, 2008).

#### NOTODONTIDAE – ХОХЛАТКИ

4. (8185). *Micromelalopha sieversi* Staudinger, 1892.

**Материал.** Семячикский лиман (159°58'28" в. д., 54°6'32" с. ш.), опушка каменноберезового леса, на свет, 7.06.2010, 1 экз. (рис. 1).

**Экология.** Бабочки размером 39–42 мм, летают на разнотравных лугах; гусеницы питаются на листьях берез.

**Распространение.** Хаб., Прим.; Ю Сибири, СЗ европ. ч., СВ Китай, СВ Европа (Определитель ДВ, 2001, с. 571); для Камчатки указан не был (Каталог, 2008).



**Рис. 1.** Хохлатка *Micromelalopha sieversi*. Семячикский лиман.  
Фото В. Аксенова



### НОСТИДАЕ – СОВКИ, или НОЧНИЦЫ

5. (8721). *Eudocima tyrannus* Guenée, 1852 – совка амурская змеиная.

**Материал.** Автотрасса Елизово – Петропавловск-Камчатский, на плотне дороги, 22.07.1985, 1 слабооблетанная самка размером 110 мм, взята в коллекцию заповедника. Очевидно, залет или завоз; кормовые растения этого вида на Камчатке отсутствуют.

**Экология.** Бабочки размером 97–100 мм, летают в июне, в начале июля и в августе–сентябре по опушкам смешанных и широколиственных лесов. Гусеницы питаются на луносемяннике (*Menispermum dahuricum*).

**Распространение.** Прим., Сах., Ю Кур. (о. Кунашир), Япония, Корея, Китай, ЮВ Азия, В Индия (Определитель ДВ, 2003, с. 135).

**Замечание.** Приведен для Камчатки А. В. Свиридовым и Л. Е. Лобковой (2006). В Каталоге (2008) этот род и вид не значатся.

6. (8723). *Scoliopteryx libatrix* Linnaeus, 1758 – зубчатая совка (рис. 2).

**Материал.** Долина гейзеров (160°8'9" в. д., 54°26'11" с. ш. 450 м над ур. м), 21.09.2001, 2 экз., 30.09.2002, 2 экз., 13–31.08.2003, 14 экз., 20.08–3.09.2004, 24 экз.; Елизово, 5.06.2004, фото Л. Лобковой; пос. Паратунка, 30.08.2008, фото Р. Бухаловой.

**Экология.** Обычный, иногда среднечисленный вид; бабочки размером 42–45 мм летают в мае–июне и в сентябре по опушкам смешанных, широколиственных и мелколиственных лесов, на дачах. Гусеницы питаются на ивах (*Salix*), тополях (*Populus*), смородине (*Ribes*).

**Распространение.** Маг, Камч., Хаб., Амур., Прим., Сах., Ю Кур. (о. Кунашир, Итуруп); Якут., Заб., Бур., Иркут., Ю Сиб., Алтай, З Сиб., Урал, европ. ч., Япония, Корея, Китай (включая о. Тайвань), Монголия, Казахстан, Ближний Восток, Кавказ, Украина, Белоруссия, Прибалтика, Европа, С Африка, С Америка (Определитель ДВ, 2003, с. 140). В Каталоге (2008) для Камчатки не указан.



**Рис. 2.** Совка *Scoliopteryx libatrix* – зубчатая совка. Елизово, 30.08.2010.  
Фото Л. Лобковой

7. (8873). ***Thyas yuno*** Dalman, 1823 – совка пухокрылая юнона (рис. 3). Коряки, 51-й км трассы Елизово – Мильково, необлетанная бабочка размером 85 мм прилетела на свет в 0.20 час. 9.07.2013, сфотографирована Д. Горшковым, отпущена в природу.

**Экология.** Самка 80–88 мм, самец 74–88 мм, летают в хвойно-широколиственных и широколиственных лесах. Гусеницы питаются на березе даурской (*Betula daurica*) и других видах древесных пород, не растущих на Камчатке (орех маньчжурский, дуб, птерокария).

**Распространение.** Хаб., Амур., Прим., Сах., Япония, Корея, Китай, ЮВ Азия, Индия (Определитель, 2003, с. 155).



**Рис. 3.** *Thyas yuno* – совка пухокрылая юнона. Коряки, 9.07.2013.  
Фото Д. Горшкова

8. (8880). ***Catocala lara*** Bremer, 1861 – липовая орденская лента (рис. 5).

**Материал.** Семьячикский лиман, луговое разнотравье на опушке каменноберезового леса, 18.08.1975, 1 необлетанная самка с размахом крыльев 76 мм. Коряки, 51-й км трассы Елизово – Мильково, бабочка прилетела на свет в 22.35 час. 19.08.2012, сфотографирована Д. Горшковым, отпущена в природу. Занесена в Красную книгу Камчатки (Лобкова, 2006).

**Экология.** Самка 75–80 мм, самец 70–77 мм, летают в смешанных и широколиственных лесах. Гусеницы питаются на липах (*Tilia*), но на Камчатке этого растения нет.

**Распространение.** Камчатка (мигрант), Хаб., Прим., Сах., Япония (о-ва Хоккайдо, Хонсю, Кюсю), Корея, С и СВ Китай (Определитель ДВ, 2003, с. 173).

**Замечание.** Приведен для Камчатки: Седых (1979) – пос. Начики. В Каталоге (2008) для Камчатки указан под вопросом, в данном случае

наличие вида на Камчатке подтверждено, вопрос о питании гусениц остается открытым и требует дополнительных наблюдений.



**Рис. 4.** *Catocala lara* – липовая орденская лента. Коряки, 19.08.2012.  
Фото Д. Горшкова

9. (8874). *Catocala fraxini* Linnaeus, 1758 – голубая орденская лента (рис. 5).

**Материал.** Елизово, пос. Ягодный, опушка пойменного леса, 21.09.2001, 1 самец с размахом крыльев 90 мм, на свет, собрал В. В. Комаров. В 2002 г. там же среди погибших бабочек в теплице встречен сильно облетанный экземпляр этого вида. Оз. Курильское, м. Травяной (157°2'50,498" в. д. 51°25'7,223" с. ш. 84 м над ур. м.), 31.08.2012, 1 экз. на свет, фото И. Василиго. Занесена в Красную книгу Камчатки (Лобкова, 2006).

**Экология.** Самка 88–98 мм, самец 87–96 мм. Гусеницы питаются на тополях (*Populus*), березах (*Betula*), ольхе (*Alnus*).

**Распространение.** Хаб., Амур., Прим., Сах., Бур., Ю Сиб., Алтай, З Сиб., Урал, европ. ч., Япония (о-ва Хоккайдо, Хонсю), Корея, Китай (СВ, ЮЗ), Казахстан, Ср. Азия, Ближний Восток, Кавказ, Украина, Белоруссия, Прибалтика, Европа (Определитель ДВ, 2003, с. 172).

**Замечание.** Приведен для Камчатки А. В. Свиридовым и Л. Е. Лобковой (2006). В Каталоге (2008) для Камчатки не указан.



**Рис. 5.** *Catocala fraxini* – голубая орденская лента. Курильское озеро, 31.08.2013. Фото И. Василиго

10. (8994). *Autographa urupina* Bryk, 1942.

**Материал.** Долина гейзеров, 29.07–2.08.2004, 6 экз.; 29.07–2.08.2006, 8 экз.; на свет; о. Беринга: бух. Лисинская (6.08.2006), бух. Гладковская (27–28.07.2006), (Лобкова, 2010).

**Экология.** Бабочки размером 35–42 мм, летают в июне–августе; горные темнохвойные и кедрово-широколиственные леса в лесных и открытых биотопах.

**Распространение.** Камч., Хаб., Прим., Сах., Кур. (о-ва Парамушир, Уруп, Итуруп, Кунашир), Япония (о-в Хоккайдо) (Определитель ДВ, 2003, с. 208).

**Замечание.** Указан для Камчатки (Ключко, 1986, с. 100). В Каталоге (2008) для Камчатки не указан.

11. (9141). *Acronicta menyanthidis* Esper, 1789.

**Материал.** Узон, 19.07.2007, 1 экз., на свет.

**Экология.** Бабочки размером 38–40 мм, летают в июле–августе в лесных и открытых биотопах, на брусничниках, гусеницы многоядны, питаются на древесных (*Betula*, *Salix*, *Rubus*) и различных травянистых растениях, часто на брусничных и вересковых.

**Распространение.** Маг., Хаб., Амур.; Якут., Ю Сиб., Алтай, З Сиб., Урал, европ. ч. – Белоруссия, Прибалтика, С и Ц Европа (в горных районах) (Определитель ДВ, 2003, с. 289).

**Замечание.** Указан для Камчатки А. В. Свиридовым и Л. Е. Лобковой (2009). В Каталоге (2008) для Камчатки не указан.

12. (9211). *Cucullia asteris* Denis et Schiffermuller, 1775.

**Материал.** Долина гейзеров, 24.07.2012, 2 экз., 30.07.2012, 1 экз.; на свет.

**Экология.** Бабочки размером 40–42 мм, летают в июле на различных лугах, гусеницы питаются на астрах и золотарнике.

**Распространение.** Тува., Сиб., Урал, европ. ч., Казахстан, Ср. Азия, Ближний Восток, С Кавказ, Закавказье, Украина, Белоруссия, Прибалтика, Европа (Определитель ДВ, 2003, с. 413). В Каталоге (2008) для Камчатки не указан.

13. (9280). *Sympistis funebris* Hubner, 1809.

**Материал.** Узон, 19.07.2007, 1 экз., на свет. Л. Лобкова.

**Экология.** Бабочки размером 24–26 мм, летают во влажных горных и зональных тундрах, в заболоченных лиственничниках; гусеницы питаются на карликовых березах и на голубике.

**Распространение.** Чук., Маг., С Амур.; Якут., Ю Сиб. (Прибайкалье, Тува), С европ. ч., Япония (о-в Хоккайдо, горы Дайсетцу), Ц. Европа (Альпы), С Европа (Фенноскандия), Субарктика, С Америка (Определитель ДВ, 2003, с. 424).

**Замечание.** Указан для Камчатки А. В. Свиридовым и Л. Е. Лобковой (2009). В Каталоге (2008) для Камчатки не указан.

14. (9321). *Brachionycha nebulosa* Esper, 1785 (рис. 6).

**Материал.** Кипелье ключи (160°5'42,87" в. д. 55°8'10,10" с. ш.), 10.06.2010, 1 экз., фото К. Худенко; Макарка, 10.05.1985, 1 экз. на свет; Елизово, санаторий «Жемчужина Камчатки», 4.05.2004, 1 экз., на свет; пос. Паратунка, 6.06.2008, 30.05.2009, фото Р. Бухаловой.

**Экология.** Бабочки размером 45–47 мм, летают в мае–июне в березовых лесах, гусеницы питаются на березах.

**Распространение.** Амур., Прим., Сах., Заб., юг З Сиб., Урал, европ. ч., Япония, Корея, Китай, Украина, Белоруссия, Прибалтика (Определитель ДВ, 2003, с. 425).

**Замечание.** Приведен для Камчатки А. В. Свиридовым и Л. Е. Лобковой (2006). В Каталоге (2008) для Камчатки не указан.



**Рис. 6.** *Brachionycha nebulosa*. Термальный, 6.06.2008.

Фото Р. Бухаловой

15. (9518). *Athetis gluteosa* Treitschke, 1835.

**Материал.** Долина гейзеров, 2.08.2006, 2 экз., на свет.

**Экология.** Бабочки размером 23–34 мм, летают с июля по сентябрь на разнотравных лугах, во влажных лесных и луговых биотопах, гусеницы многоядны, питаются на травянистых растениях.

**Распространение.** Хаб., Амур., Прим., Сах., Ю Сиб., Алтай, З Сиб., Урал, европ. ч., Япония, Корея, Китай, Монголия, Казахстан, Ср. Азия, Ближний Восток, Кавказ, Ц. и Ю Европа, С Африка, С Америка (Определитель ДВ, 2003, с. 371).

**Замечание.** Указан для Камчатки А. В. Свиридовым и Л. Е. Лобковой (2009). В Каталоге (2008) для Камчатки не указан.

16. (9842). *Parastichtis suspecta* Hubner, 1817.

**Материал.** Узон, 2.09.2007, 1 экз., 6.08.2010, 1 экз.; Долина гейзеров, 13.08.2003, 4 экз., 29.09.2004, 4 экз., 20.08.2005, 1 экз.; р. Богачевка, кордон (160°51'57,86" в. д. 54°52'38,032" с. ш., 313 м над ур. м.), 21.08.1985, 1 экз.; Макарка, 11.08.2004, 2 экз.; на свет.

**Экология.** Бабочки размером 30–33 мм, летают в июле–августе на разнотравных лугах, по опушкам смешанных, широколиственных и мелколиственных лесов; гусеницы питаются на древесных породах: березах (*Betula*), ивах (*Salix*), ольхе (*Alnus*), тополе (*Populus*). Распространение. Ю Чук., Маг., Хаб., Амур., Прим., Сах.; Якут., Заб., Бур., Иркут., Ю Сиб., Алтай, З Сиб., Урал, европ. ч., Япония, Корея, Китай, Монголия, Казахстан, Ближний Восток, Кавказ, Украина, Белоруссия, Прибалтика, Европа, С Америка (Определитель ДВ, 2003, с. 378).

**Замечание.** Приведен для Камчатки А. В. Свиридовым и Л. Е. Лобковой (2006). В Каталоге (2008) для Камчатки не указан.

17. (10042). *Cerapteryx graminis* Linnaeus, 1758.

**Материал.** Узон, 1.08.2010, 1 экз., на свет.

**Экология.** Бабочки размером 23–36 мм, летают в июле на разнотравных и приморских лугах; гусеницы питаются на злаковых; в Европе отмечен как массовый вредитель пастбищных трав.

**Распространение.** Ю Маг., Хаб., Амур., Сах.; Якут., Заб., юг З Сиб., Алтай, Урал, европ. ч., С Китай, Монголия, Казахстан, Украина, Белоруссия, Прибалтика, Европа, С Америка (завезен) (Определитель ДВ, 2003, с. 505). В Каталоге (2008) для Камчатки не указан.

18. (10104). *Lacanobia thalassina* Hufnagel, 1766.

**Материал.** Жупаново (159°58'9,695" в. д. 54°5'13,826" с. ш.), 24.07.1994, 1 экз., на свет. Определил Г. С. Золотаренко.

**Экология.** Бабочки размером 38–40 мм, эвритопный вид, част в агроценозах, летают в июне–июле и в августе–сентябре; гусеницы многоядны, питаются на березах (*Betula*), ивах (*Salix*), ольхах (*Alnus*), рябине (*Sorbus*), малине (*Rubus*), а также на травянистых растениях.

**Распространение.** Якут., Заб., Бур., Ю Сиб., Тува, Алтай, З Сиб., Урал, европ. ч., Кавказ, Украина, Белоруссия, Прибалтика, Европа. (Опре-

делитель ДВ, 2003, с. 468). В Каталоге (2008) для Камчатки не указан.

19. (10185). *Hadena perplexa* Denis et Schiffermuller, 1775.

**Материал.** Мыс Кроноцкий (162°6'37,843" в. д., 54°44'45,597" с. ш.), 21.09.1988, 1 экз., на свет. Определил Г. С. Золотаренко.

**Распространение.** Европ. ч., Средний и Ю. Кавказ, Урал, 3 Сиб., Ю Сиб., Кемеровская обл., Алтай, Тыва, Иркутская обл., Бурятия (Каталог, 2008).

20. (10250). *Lasionycta leucocycla* Staudinger, 1857.

**Материал.** Узон, 16.07.2008, 1 экз., на свет.

**Экология.** Бабочки размером 24–32 мм, летают в июле; биотопы обитания: горные и зональные тундры, тайга, остепненные биотопы. Гусеницы питаются на бобовых (*Astragalus*), астровых (*Lactuca*, *Taraxacum*) и губоцветных (*Lamium*).

**Распространение.** Чук., Маг., С Амур., Чита, Якут., Ю Сибири, Таймыр, Монголия, С Европа, С Америка, Гренландия. Имеет много подвидов (Определитель ДВ, 2003, с. 518).

**Замечание.** В Каталоге (2008) для Камчатки не указан. Указан для Камчатки А. В. Свиридовым и Л. Е. Лобковой (2009).

21. (10253). *Lasionycta secedens* Walker, 1858.

**Материал.** Узон, 19.07.2007, 2 экз., на свет.

**Экология.** Бабочки размером 29–31 мм, летают в июле – начале августа в таежных горных лесах, тундрах; гусеницы питаются на голубике.

**Распространение.** Маг., С Амур; Якутия, Ю Сиб. (Саяны), С Европа, С Америка (Определитель ДВ, 2003, с. 513).

**Замечание.** В Каталоге (2008) для Камчатки не указан, есть в работе А. В. Свиридова и Л. Е. Лобковой (2009).

22. (10254). *Lasionycta skraelingia* Herrich-Schaffer, 1852.

**Материал.** Узон, 19.07.2007, 5 экз., на свет.

**Экология.** Бабочки размером 30–38 мм, летают в июле на верховых болотах, в заболоченной светлохвойной тайге.

**Распространение.** Маг., Хаб., С Амур., Ю Сиб., Якут., Япония (о. Хоккайдо), С Европа, С Америка (Определитель ДВ, 2003, с. 514).

**Замечание.** Указан для Камчатки А. В. Свиридовым и Л. Е. Лобковым (2009).

23. (10310). *Euxoa adumbrata* Eversmann, 1842.

**Материал.** Жупаново, 24.07.1993, 1 экз.; Узон, 1.08.2012, 1 экз.; Долина гейзеров, 8.08.2011, 2 экз.; на свет.

**Экология.** Бабочки размером 34–42 мм, летают в июле–августе на разнотравных лугах, на ягодниковых тундрах с примесью разнотравья; гусеницы многоядны, питаются на травянистых растениях.

**Распространение.** Маг., Хаб., Амур., Прим., Якут., Заб., Ю Сиб., Алтай, 3 Сиб., Урал, Центр и С европ. ч., Япония, Корея, Китай (до Тибета), Монголия, Казахстан, Ср. Азия, Ближний Восток, С и Ю Европа, Гренландия, С Америка (Определитель ДВ, 2003, с. 577). В Каталоге (2008) для Камчатки не указан.

24. (10342). *Euxoa karschi* Graeser, 1890.

**Материал.** Долина гейзеров, 29.09.2004, 1 экз.; пос. Жупаново, 28.09.1986; исток р. Кроноцкая (159°58'28" в. д., 54°6'32" с. ш., 29.08.1986, 400 м над ур. м.) 1 экз.; Макарка, 11.08.1984; на свет.

**Экология.** Бабочки размером более 40–43 мм, летают в июле–августе по опушкам и полянам, на разнотравных лугах.

**Распространение.** Хаб., Прим., Япония (о-ва Хоккайдо, Хонсю), Корея, Китай (Определитель ДВ, 2003, с. 279).

**Замечание.** Приведен для Камчатки А. В. Свиридовым и Л. Е. Лобковой (2006). В Каталоге (2008) для Камчатки не указан.

25. (10401). *Diarsia canescens* Butler, 1878.

**Материал.** Долина гейзеров, 29.09.2004, 2 экз., на свет.

**Экология.** Бабочки размером 38–42 мм, летают в мае–июне и в августе–сентябре в широколиственных и смешанных лесах, на полянах и опушках; гусеницы многоядны, питаются на травянистых растениях: лабазнике, подорожнике, яснотке, чемерице.

**Распространение.** Камч. (нуждается в подтверждении), Ю Хаб., Амур, Прим., Сах., Ю Курилы (Кунашир), Япония, Корея, Китай (до Тибета), Вьетнам, С Индия, Непал, Пакистан (Определитель ДВ, 2003, с. 528).

**Замечание.** Подтверждено обитание на Камчатке А.В. Свиридовым и Л. Е. Лобковой (2006), в Каталоге (2008) для Камчатки не указан.

26. (10418). *Paradiarsia punicea* Hubner, 1803.

**Материал.** Узон, 1.08.2010, на свет, 1 экз.



**Экология.** Бабочки размером 32–35 мм, летают в июне–июле в открытых биотопах, по опушкам смешанных широколиственных лесов, на разнотравных лугах; гусеницы многоядны, питаются на малине, одуванчиках, подорожниках, осоках.

**Распространение.** Хаб., Амур., Прим., Сах., Ю Кур. (о-ва Кунашир, Итуруп, Шикотан); Ю Сиб., Алтай, З Сиб., Урал, европ. ч., Япония (Хоккайдо), Корея, С Монголия, Казахстан, Украина, Белоруссия, Прибалтика, Ц и С Европа (Определитель ДВ, 2003, с. 533). В Каталоге (2008) для Камчатки не указан.

27. (10450). *Chersotis andereggii* Boisduval, 1832. Определение В. С. Кононенко.

**Материал.** Узон, 14.08.1977, 1 экз.; Долина гейзеров, 1.09.1985, 1 экз., Богачевка, 21.08.1985, 1 экз., сборщик О. Чернягина, определительная этикетка В. Кононенко; Жупаново, 11.08.1974, 1 экз., 9.09.1985, на свет, 1 экз.

**Распространение.** В Определителе ДВ, 2003 (с. 531) информации об этом виде нет. В Каталоге (2008): Амур, Иркутская обл., Тыва, Алтай, Ямало-Ненецкий АО; В Кавказ, Волго-Донской регион; для Камчатки не указан.

28. (10456). *Chersotis juncta* Grote, 1878.

**Материал.** Долина гейзеров, 10.08.2008, 1 экз.

**Экология.** Бабочки размером 20–30 мм, летают в июле–августе на разнотравных лугах, на сухих склонах.

**Распространение.** Маг., Камч., Бореальная зона С Америки (Определитель ДВ, 2003, с. 531).

**Замечание.** В Каталоге (2008) для Камчатки не указан.

29. (10550). *Xestia sincera* Herrich-Schaffer, 1851.

**Материал.** Долина гейзеров, 25.07.2008, 2 экз., на свет, Н. Зяблицева; Узон, на свет, 1.08.2010, 1 экз.

**Экология.** Бабочки размером 36–38 мм, летают в июле в темнохвойной тайге, ельниках, горных смешанных лесах; гусеницы питаются на елях.

**Распространение.** Хаб., Прим. (Сихотэ-Алинь); Якут., Ю Сиб. (Саяны), Алтай, Тува, СЗ Сибири, Урал (горы), С европ. ч., Япония, С Корея, С Китай (горы), С Монголия, Прибалтика, горы С и Ц. Европы (Определитель ДВ, 2003, с. 550).

**Замечание.** В Долине гейзеров из хвойных есть только одна куртина кедрового стланика *Pinus pumila*, ближайшие заросли этого кустарника находятся на высоте 900–1000 м над ур. м. на расстоянии 2–3 км.

30. (10560). *Xestia ursae* MacDunnough, 1940.

**Материал.** Узон, 19.07.2007, 1 экз., на свет.

**Экология.** Бабочки размером 34–38 мм, летают в июле – начале августа в лиственничных редколесьях, в светлехвойной тайге, в высокогорных тундрах.

**Распространение.** Маг., Якутия, С Заб. (горы), Бур. (В Саян), Ю Сиб. (Тува), С Америка (Определитель ДВ, 2003, с. 548).

**Замечание.** В Каталоге (2008) не указан для Камчатки, приводится А. В. Свиридовым и Л. Е. Лобковой (2009).

### ARCTIIDAE – МЕДВЕДИЦЫ

31. (10786). *Eilema atratulum* Eversmann, 1847 (рис. 7).

**Материал.** Эссо (за поселком), разнотравный луг, 27.07.2010, фото Р. Бухаловой.

**Распространение.** Магаданская обл., СЗ, В, Ю Якутия, Иркутская обл., Бурятия, Тува (Каталог, 2008).

**Замечание.** Обитание этого вида возможно, как и в Эссо, на территории заповедника в сходных биотопах, например, по р. Левая Щапина.



**Рис. 7.** *Eilema atratulum* – лишайница. Эссо за поселком, 28.07.2010.  
Фото Р. Бухаловой

### HESPERIIDAE – ТОЛСТОГОЛОВКИ

32. (10893). *Thymelicus lineola* Ochsenheimer, 1808 (рис. 8).

**Материал.** По трассе Кирганик – Мильково – Шаромы – Пушино, на лужах до 10 особей на 1 м<sup>2</sup>; в Мильково, в чаше слитого фонтана

с остатками воды, 27.07.2009, до 20 особей вместе с многочисленной здесь многоцветницей (*Nymphalis xanthomelas* Esper, 1781), наблюдение Е. Лобкова; Мильковский р-н: пос. Кирганик, 28.08.2007, 8 особей на цветке одуванчика, фото П. Стришко; пос. Мильково, 27.07.2010, фото М. Писаревой на цветках полыни пышной, на бодяке щетинистом; п. Атласово 17.07.2012, бабочка на цветке нивяника обыкновенного, фото И. Заводской.

**Экология.** Бабочки размером 26–30 мм, летают в июне–июле на ксерофитных суходольных разнотравных лугах, гусеницы питаются на злаках и розоцветных.

**Распространение.** Ю Хаб., ЕОА, Ю Амур., Прим., Сах., Ю Заб., Ю Сиб., Ср. и Ю Урал, Кавказ, европ. ч., Корея, С и Ц. Китай, С Монголия, Казахстан, Ср. Азия, Малая Азия, Европа (Определитель ДВ, 2005, с. 181).

**Замечание.** Обитание этого вида возможно на территории заповедника в сходных биотопах, например, по р. Левая Щапина.



**Рис. 8.** *Thymelicus lineola* – толстоголовка-тире. Мильково, 27.07.2010.  
Фото М. Писаревой

### Заключение

Таким образом, в результате наших сборов в Кроноцком заповеднике и на сопредельных с ним территориях зарегистрировано 32 вида Macrolepidoptera, новых для Камчатского региона, что расширяет наши знания о распространении встреченных видов. Это виды из следующих семейств: хохлатки – 1, пяденицы – 3, совки – 26, толстоголовки – 1, медведицы – 1. Из перечисленных видов впервые встречены на ДВ: *Cleta jacutica*, *Cucullia asteris*, *Hadena perplexa*, *Mamestra thalassina*; 13 видов ранее были встречены лишь южнее Камчатки. Особенно интересны встречи на Камчатке крупных южных видов: совок *Eudocima tyrannus*, *Thyas yuno*, *Catocala lara*, *Catocala fraxini* и хохлатки *Odontosia sieversi*.

Из районов встреч бабочек особенно интересен Узон-Гейзерный район. В кальдере вулкана Узон представлены, главным образом, шикшово-голубично-ерниковые тундры с мозаичным включением разнотравья, березняков и кедрового стланика, в понижениях и вдоль ручьев – кустарниковые ивняки, в болотистых понижениях – травяно-сфагновая растительность; обрамляют кальдеру заросли ольхового стланика. Здесь, практически в центре кальдеры, ловились на свет ночные виды. Из новых видов для Камчатки здесь были встречены: пяденицы *Eupithecia intricata* и *Cyclophora albipunctata*, а также 12 видов совок. Только в кальдере Узона зарегистрированы совки: *Sympistis funebris*, *Acronicta menyanthidis*, *Parastichtis suspecta*, *Paradiarsia punicea*, *Lasionycta leucocycla*, *L. secedens*, *Xestia ursae*.

Для биотопов Долины Гейзеров характерна мозаичность растительности: доминирующим элементом выступает ольховый стланик, растущий по всем бортам ущелья р. Гейзерной, ленточно представлен каменноберезняк; есть высокотравные, крупнотравные, луговые, болотные и тундровые участки, а также отдельные кустарники ивы удской и одна куртина кедрового стланика. Здесь встречены 10 видов совок, новых для Камчатки, только в Долине Гейзеров зарегистрированы: *Autographa urupina*, *Cucullia asteris*, *Athetis gluteosa*, *Diarsia canescens*, *Chersotis juncta*.

Приведенные в статье виды, за исключением толстоголовки *Thymelicus lineola* и совок *Scoliopteryx libatrix* и *Parastichtis suspecta*, являются очень редкими на Камчатке, что говорит в пользу многолетнего мониторинга чешуекрылых, проводимого в Кроноцком заповеднике.

## Литература

Каталог чешуекрылых (Lepidoptera) России / под ред. С. Ю. Синева. – СПб. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 424 с.

Ключко, З. Ф. Совки-металлоvidки (Lepidoptera: Noctuidae, Plusiinae) Дальнего Востока СССР / З. Ф. Ключко, В. С. Кононенко // Систематика и экология чешуекрылых Дальнего Востока СССР. – Владивосток, 1986. – С. 95–113.

Лобкова Л. Е. Насекомые // Красная книга Камчатки. Т. 1. Животные. Петропавловск-Камчатский: Камчатский печатный двор. Книжное издательство, 2006. С. 13–32.

Лобкова, Л. Е. Аннотированный список насекомых Командорских островов / Л. Е. Лобкова // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей: Доклады X международной научной конференции, посвященной 300-летию со дня рождения Г. В. Стеллера. – Петропавловск-Камчатский: Камчатпресс, 2010. – С. 80–103.

Определитель Дальнего Востока России. Ручейники и чешуекрылые: В 6 т. – Т. V. Ч. 3. – Владивосток : Дальнаука, 2001. – 621 с.

Определитель Дальнего Востока России. Ручейники и чешуекрылые: В 6 т. – Т. V. Ч. 4. – Владивосток : Дальнаука, 2003. – 688 с.

Определитель Дальнего Востока России. Ручейники и чешуекрылые: В 6 т. – Т. V. Ч. 5. – Владивосток : Дальнаука, 2005. – 575 с.

*Свиридов, А. В.* Виды совок (Lepidoptera: Noctuidae s.l.), новые для различных регионов России. Камчатская область. 2 / А. В. Свиридов, Л. Е. Лобкова // *Eversmannia*. – N 7–8. – 2006. – P. 52.

*Свиридов, А. В.* Виды совок (Lepidoptera: Noctuidae), новые для различных регионов России. Камчатская область. 3 / А. В. Свиридов, Л. Е. Лобкова // *Eversmannia*. – N 17–18. – 2009. – P. 83.

*Седых, К. Ф.* Чешуекрылые (Lepidoptera, Macrolepidoptera) фауны Камчатки и прилегающих областей / К. Ф. Седых // *Энтомологическое обозрение*. – Л. : Наука. 1979. – Т. 52. – Вып. 2. – С. 288–296.

*Сметанин, А. Н.* Список насекомых Камчатки (Arthropoda: Insecta) / А. Н. Сметанин. – Петропавловск-Камчатский, 1999. – 110 с.

## **РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ТЕРМАЛЬНЫХ ПОЛЕЙ КАЛЬДЕРЫ ВУЛКАНА БОЛЬШОЙ СЕМЯЧИК (КРОНОЦКИЙ ЗАПОВЕДНИК)**

*В. Ю. Нешатаева<sup>1</sup>, А. О. Пестеров<sup>1</sup>, О. А. Пестерова<sup>1</sup>,  
Д. Е. Гимельбрант<sup>1,2</sup>, В. Э. Федосов<sup>3</sup>, Т. И. Коротеева<sup>4</sup>*

<sup>1</sup>*Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН*

<sup>2</sup>*Санкт-Петербургский государственный университет*

<sup>3</sup>*Московский государственный университет*

<sup>4</sup>*Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН*

*e-mail: vneshataeva@yandex.ru*

**Ключевые слова:** термофильная растительность, классификация, структура, вулкан Большой Семячик, Кроноцкий заповедник

### **Введение**

К вулканическому массиву Большой Семячик приурочена одна из крупнейших на Камчатке высокотемпературных гидротермальных систем, расположенная в 25 км к югу от кальдеры Узон. Массив площадью свыше 100 км<sup>2</sup> образован группой позднеплейстоценовых и голоценовых стратовулканов и экструзивных куполов, расположенных на высоте около 900–1000 м над ур. м. внутри обширной кальдеры. Действующими

являются вулканы Бурлящий и Центральный Семячик, потухшими – Зубчатый, Западный Бараний, Восточный Бараний, Попкова, Иванова, Проблематичный и Кругленький. Вулканы Еж и Корона сформировались около 5600 лет назад, их извержения происходили в позднем голоцене. Их лавовые потоки образованы андезито-базальтами и низкокалийными андезитами (Вакин, 1976; Леонов, Гриб, 1991; Брайцева и др., 1995).

Гидротермальные проявления в кальдере Большого Семячика представлены многочисленными струями перегретого пара, кипящими водяными и грязевыми котлами, горячими и кипящими озерами и обширными участками парящих земель. Площадь термальных полей от десятков до нескольких тысяч м<sup>2</sup> (Вакин, 1976). Самыми большими являются Парящая долина и Верхнее термальное поле вулкана Бурлящий, а также поле Северного кратера Центрального Семячика.

Термальное поле Парящая долина находится на высоте около 1000 м над ур. м. в плоской котловине, из которой берет начало руч. Фумарольный. Поле имеет округлую форму, его диаметр около 250 м. Здесь представлены многочисленные кипящие водные и грязевые котлы, небольшие озера, слабые струи пара и интенсивное площадное пропаривание. Максимальная температура пара и грунта 96–97 °С. Верхнее термальное поле тянется на 500 м с запада на восток по крутым хребтам и распадкам вулкана Бурлящий. В западной части поля находятся мощные паровые струи Пасть дракона, Пещера и Ревущая с температурой перегретого пара 137 °С. Здесь преобладают сухие паровые струи и участки прогретого грунта. Через прогретые площадки протекают теплые ручьи (20–25 °С), по берегам которых находятся кипящие водяные и грязевые котлы. В отличие от обводненной Парящей долины, Верхнее поле хорошо дренировано. По берегам руч. Фумарольный на протяжении 1,5 км от его истока расположены несколько термальных полей с температурой до 40 °С.

Породы на поверхности термальных полей изменены до состояния глин и окрашены в ярко-желтый или оранжевый цвет. Они представлены опалитами, каолинитами, алунитами, имеющими рыхлое сложение. На сильно прогретых участках они насыщены кристаллами самородной серы, гипса, покрыты корками сульфатов железа. В Северном кратере вулкана Центральный Семячик находится кипящее Черное озеро размером 20 × 50 м, вода которого покрыта пленкой из тонкодисперсного пирита (сульфида железа). Температура воды на поверхности озера 95–96 °С (Вакин, 1976).

### Материалы и методы исследований

Летом 2011–2012 гг. нами проведены полевые геоботанические исследования в кальдере вулкана Большой Семячик. Впервые изучен растительный покров пяти термальных полей, расположенных на склонах вулканов Бурлящий и Центральный Семячик. Охарактеризована растительность термальных урочищ Парящая долина, Пасть Дракона и Черные озера. На трансектах, заложенных от периферии к центрам термальных полей с помощью буссоли и рулетки, выделяли однородные контуры и изучали растительные сообщества. Детальные геоботанические описания термофильных сообществ выполняли в естественных границах, поконтурно. Учитывали полный видовой состав фитоценозов, включая сосудистые растения, мхи, печеночники и лишайники, оценивали проективное покрытие каждого вида (в %). Отмечали особенности структуры и экологии сообществ. При картировании растительного покрова определяли размеры, состав и конфигурацию контуров растительности. Отмечали степень прогрева и увлажненности субстрата, наличие голого грунта, шлака, ветоши и открытой воды.

В камеральный период были определены гербарные образцы сосудистых растений, мхов, печеночников и лишайников, составлены фитоценотические таблицы и проведен табличный анализ фитоценозов, разработана классификация термофильных сообществ с использованием эколого-фитоценотического метода (Нешатаев, 1987). При выделении ассоциаций учитывали количественные соотношения видов, а также особенности флористического состава, структуры и экологии сообществ. Составлены геоботанические планы термальных полей в масштабе 1 : 200 (рис. 1).

### Результаты и обсуждение

Выявлены и охарактеризованы основные типы растительных сообществ термальных полей вулканов Бурлящий и Центральный Семячик. Разработана эколого-фитоценотическая классификация растительности. Термофильные сообщества отнесены к 27 ассоциациям, 15 формациям и 8 классам формаций. Приводим конспект ассоциаций. Виды перечислены в порядке убывания проективного покрытия и встречаемости.

#### 1) Термальные лужайки

Класс формаций **Prata thermophytica** – термофильные луга

Формация **Fimbrystileta ochotensis** – фимбристилиса охотского

Асс. **Fimbrystiletum ochotensis purum** – фимбристилисовая.

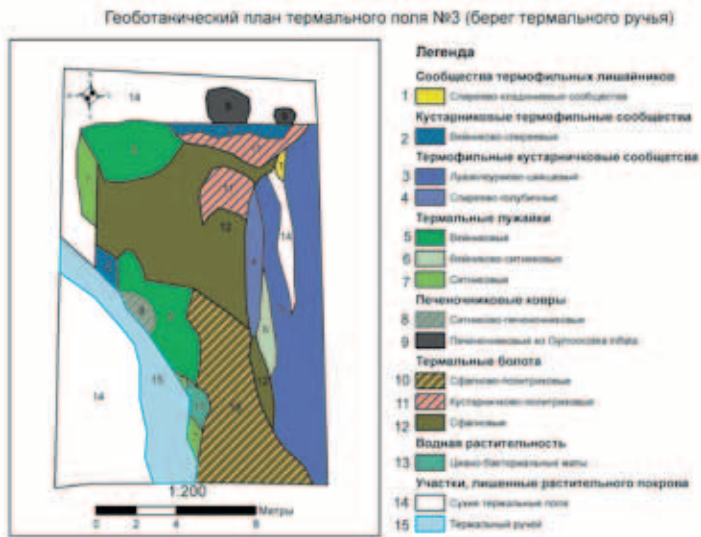


Рис. 1. Геоботанический план термального поля № 3 (берег термального ручья)

Сообщества ассоциации представляют собой чистые заросли фимбристилиса охотского (покрытие 85 %) на сильно прогревом влажном субстрате (температура корнеобитаемого слоя 40–42 °С). В составе сообществ единично отмечены *Juncus filiformis* и *Carex oxyandra* var. *pauzhetica*. Мхи и лишайники отсутствуют. Сообщество ассоциации описано в верхнем течении руч. Фумарольный.

Формация ***Calamagrostideta purpurei*** – вейника пурпурного

Асс. ***Calamagrostidetum purpurei*** (thermalis) – пурпуровейниковая. Встречается на менее прогретых участках, чем сообщества фимбристилиса. Доминирует вейник *Calamagrostis purpurea* s. str., покрытие 40–60 %. В сообществах также встречаются ситник *Juncus filiformis*. Моховой ярус отсутствует, либо разрежен. Из мхов отмечены *Polytrichum jensenii* (10 %) и печеночники. Сообщества ассоциации встречаются на термальных полях вулканов Бурлящий (Парящая долина, Пасть Дракона) и Центральный Семячик (Черные озера).

Формация ***Junceta filiformis*** – ситника нитевидного

Асс. ***Juncetum filiformis purum*** (thermalis) – ситниковая мертво-



покровная. Преобладает ситник, однако его покрытие не превышает 20 %. Для сообществ ассоциации характерно высокое покрытие ветоши ситника (50–80 %).

Асс. ***Juncetum filiformis*** (thermalis) – ситниковая. Сообщества распространены на влажных местообитаниях в периферических частях термальных полей на умеренно-прогретых влажных субстратах. Доминирует ситник *Juncus filiformis* (покрытие 35–70 %), встречаются вейник *Calamagrostis purpurea* s. str.. В моховом ярусе (10–30 %) отмечены *Dicranum majus*, *Plagiobryum demissum*, *Bryum pseudotriquetrum*, *Pohlia nutans*, *P. wahlenbergii*, среди печеночников – *Solenostoma vulcanicola*, *Gymnocolea inflata*.

Асс. ***Juncetum filiformis trientaloso-sphagnosum*** – сфагново-седмичниково-ситниковая. Покрытие травяно-кустарничкового яруса составляет 70 %. Преобладают *Juncus filiformis* (25 %) и *Trientalis europaea* (30 %), обильны также *Calamagrostis purpurea* (10 %), *Spiraea beauverdiana* (10 %). Единично отмечены *Veratrum oxysepalum* и *Vaccinium uliginosum*. Моховой ярус (40 %) образован *Sphagnum russowii*.

Асс. ***Juncetum filiformis calamagrostidosum*** – вейниково-ситниковая. Сообщества ассоциации распространены в периферических частях термальных полей на умеренно-прогретых влажных субстратах. Доминирует ситник *Juncus filiformis* (покрытие 40–50 %), содоминируют вейник *Calamagrostis purpurea* (20–30 %), и спирея *Spiraea beauverdiana* (20 %). Моховой ярус разрежен (до 5 %), встречаются *Pohlia nutans*, *P. wahlenbergii*, *Sphagnum russowii*.

Формация ***Cariceta thermophytica*** – термофитно-осоковая

Асс. ***Caricetum pyrophilae*** – осочки из осоки огнелюбивой. Сообщества ассоциации представляют собой бордюры из *Carex pyrophila* шириной 20–50 см и длиной 2–5 м вокруг термальных полей.

Асс. ***Caricetum oxyandrae spiraeosum beauverdianii*** – спиреево-осоковая. В ассоциации содоминируют осока паужетская *Carex oxyandra* var. *pauzhetica* (30 %) и *Spiraea beauverdiana* (30 %). Также отмечен *Calamagrostis purpurea*. Хорошо выражен лишайниковый ярус, представленный накипными лишайниками *Placynthiella uliginosa* и *Trapeliopsis granulosa*.

## 2) Кустарничковые сообщества термальных полей

Класс формаций ***Vaccinieto uliginosii*** – ***Empetretosa*** (thermophytica) – термофильные кустарничковые пустоши

Формация ***Vaccinieta uliginosii*** – голубичная

Асс. **Vaccinietum uliginosii spiraeosum** – спиреево-голубичная. Сообщества ассоциации распространены на дренированных местообитаниях в периферических частях термальных полей на умеренно-прогретых субстратах. Доминирует голубика (40–50 %), обильна спирея (10–40 %), встречаются горно-тундровые кустарнички *Bryanthus gmelinii*, *Phyllodoce caerulea*, *Empetrum nigrum* и травы *Calamagrostis purpurea*, *Deshampsia borealis*, *Diphasiastrum alpinum*, *Trientalis europaea*. Моховой ярус разрежен (10 %), преобладает печеночник *Orthocaulis floerkei*, встречаются мхи-мезофиты *Dicranum* cf. *polysetum* и *Sciurohypnum reflexum*.

Формация **Empetreta sibirici** – шикшевая

Асс. **Empetretum sibirici loiseleuriosum** – луазелеуриево-шикшевая. Сообщества ассоциации распространены на нормально дренированных местообитаниях в периферических частях термальных полей на умеренно-прогретых субстратах. Доминирует *Empetrum nigrum*, содоминирует *Loiseleuria procumbens*, единично отмечены спирея и голубика. Лишайники встречаются спорадически (покрытие 3 %), отмечены *Cladonia vulcanii*, *Cetraria islandica*. Встречаются печеночники *Orthocaulis floerkei*, *Cladopodiella francisci* (покрытие 5 %).

В составе ассоциации мы выделяем субассоциацию **Empetretum sibirici loiseleuriosum** subass. **hepaticosum** – печеночниково-шикшевую. Сообщества субассоциации распространены на хорошо дренированных местообитаниях в периферических частях термальных полей на прогретых субстратах. Доминирует шикша *Empetrum nigrum*, встречаются спирея *Spiraea beauverdiana*, кустарнички *Vaccinium uliginosum*, *Loiseleuria procumbens*, травы *Solidago spiraeifolia*, *Artemisia arctica*, *Gentiana glauca*, *Calamagrostis purpurea*, *Deshampsia borealis*, *Diphasiastrum alpinum*. Покрытие луазелеурии при этом уменьшается и составляет 3 %. В моховом ярусе (40 %) доминируют *Gymnocolea inflata* (25 %) и *Dicranum flexicaule*, встречается *Polytrichum juniperinum*. Лишайники (покрытие 5 %) встречаются спорадически. Отмечены *Cladonia vulcanii*, *C. crispata*, *C. arbuscula*, *Trapeliopsis granulosa*, *Cetraria islandica*, *Cetrariella delisei*, *Ochrolechia* sp.

Асс. **Empetretum sibirici loiseleurioso-cladoniosum arbusculae** – лишайниково-шикшево-луазелеуриевая. Сообщества встречаются в периферических частях термальных полей на умеренно-прогретых дренированных субстратах. В ТКЯ доминирует луазелеурия *Loiseleuria procumbens* (25 %), содоминирует шикша *Empetrum nigrum* (15 %). Встречаются *Spiraea beauverdiana* и *Phyllodoce caerulea*. Среди лишайников

доминирует *Cladonia arbuscula* (20 %), обильны *Trapeliopsis granulosa*, *Cladonia crispata*, *C. pleurota*, *C. borealis*, мхи отмечены единично.

### 3) Кустарниковые сообщества термальных полей

Класс формаций **Salicetosa pulchrae** – бореальные и субарктические мезофитные листопадные кустарники

Формация **Spiraeta beauverdianae** – спиреи Бовера

Асс. **Spiraetum beauverdianae** – спиреевая. Ассоциация представлена монодоминантными сообществами из низкорослой *Spiraea beauverdiana*, образующими бордюры и куртины по границам термальных полей на хорошо дренируемых участках.

Асс. **Spiraetum beauverdianae hepaticosum** – печеночниково-спиреевая. Сообщества ассоциации встречаются небольшими контурами (диаметром 0.5–1.0 м) в центральных частях термальных полей на хорошо прогретых влажных субстратах. В низкорослом кустарниковом ярусе обильна спирея *Spiraea beauverdiana* (15–30 %), из трав встречаются вейник *Calamagrostis purpurea*, осока паужетская *Carex oxyandra* var. *pauszetica*, ситник *Juncus filiformis*, седмичник *Trientalis europaea*. В моховом ярусе доминирует печеночник *Orthocaulis floerkei* (40–50 %), из мхов (15 %) обильны *Kiaeria starkei*, *Polytrichum piliferum*, *Bucklandiella microcarpa* и *Sphagnum* sp. Лишайники отсутствуют или отмечены единично.

Асс. **Spiraetum beauverdianae calamagrostidosum purpurei** (thermalis) – спиреево-пурпуровейниковая. Сообщества характеризуются содоминированием вейника пурпурного *Calamagrostis purpurea* и спиреи Бовера *Spiraea beauverdiana*. Встречаются также осока паужетская *Carex oxyandra* var. *pauszetica* и ситник *Juncus filiformis*; единично отмечены кустарнички *Empetrum nigrum*, *Loiseleuria procumbens*. Моховой ярус не выражен. Единично отмечен *Polytrichum jensenii*.

Формация **Betuleta exilis** – ерниковая

Асс. **Betuletum exilis vaccinosum uliginosii** – голубично-ерниковая. В сообществах ассоциации доминирует *Betula exilis* (40 %), с высоким покрытием встречаются *Vaccinium uliginosum*, *Spiraea beauverdiana*, *Loiseleuria procumbens*, *Salix arctica*. На границе одного из сообществ ассоциации отмечен экземпляр каменной березы *Betula ermanii* высотой 2 м. Покрытие лишайников не превышает 1 %, отмечено 9 видов лишайников из родов *Cladonia*, *Cetraria*, *Stereocaulon* и др. Также было отмечено 9 видов мхов при общем покрытии 1 %: *Arctoa fulvella*, *Racomitrium lanuginosum*, *Bucklandiella microcarpa*, печеночник *Lophozia sudetica* и др.

#### 4) Сообщества термофильных лишайников

Класс формаций **Cladonietosa** – лишайниковые пустоши

Формация **Cladonieta granulantis** – кладонии зернышковой

Асс. **Cladonietum granulantis cladoniosum vulcanii** – термофильно-кладониевая. Сообщества ассоциации представляют собой лишайниковые бордюры, обрамляющие центральные части сильно прогретых сухих термальных полей. Общее покрытие лишайников 75–85 %, доминируют термофильные кладонии *Cladonia granulans*, *C. vulcanii*, встречаются также накипные лишайники *Trapeliopsis granulosa*, *Placynthiella icmalea*, *P. uliginosa*, распространенные на прогретых глинистых субстратах.

Асс. **Cladonietum granulantis spiraeosum** – спиреево-термофильно-кладониевая. Сообщества ассоциации встречаются в центральных частях прогретых сухих термальных полей, общее покрытие лишайников 80 %, доминируют термофильные кладонии *Cladonia granulans* (20 %), *C. vulcanii* (30 %) и накипной лишайник *Trapeliopsis granulosa* (25 %); обильна *Cladonia arbuscula* (5 %). В кустарниковом ярусе преобладает спирея Бовера (10 %), встречаются шикша *Empetrum nigrum* (5 %) и ситник *Juncus filiformis* (5 %). Моховой ярус разрежен (5 %) и представлен полосами печеночников *Cladopodiella francisci*, *Orthocaulis floerkei*.

Класс формаций **Placynthielletosa** – накипных лишайников

Формация **Placynthiellata uliginosii** – плацинтиелловая

Асс. **Placynthielletum uliginosii** – плацинтиелловая. В сообществах ассоциации, представляющих собой ковры из накипных лишайников, доминирует *Placynthiella uliginosa* (45–50 %), также встречается *Trapeliopsis granulosa* (5 %). Из трав единично отмечен ситник *Juncus filiformis*.

Асс. **Placynthielletum uliginosii juncoso-plagiobryosum** – ситниково-мохово-лишайниковая. В сообществах ассоциации доминируют накипные лишайники (20 %) *Placynthiella uliginosa* и *Trapeliopsis granulosa*. Среди мхов преобладает *Plagiobryum demissum*, в травяно-кустарничковом ярусе значительное проективное покрытие имеет *Juncus filiformis* (10 %).

#### 5) Термальные болота

Класс формаций **Sphagnetosa** – сфагновые ковры

Формация **Sphagneta** (thermalis) – термофильно-сфагновая

Асс. **Sphagnetum purum** (thermalis) – сфагновые ковры. Доминируют сфагновые мхи (85 %) – *Sphagnum fimbriatum*, *S. russowii*, *S. capillifolium*,

обилен *Polytrichum jensenii*, на сфагновом очесе отмечены водорослевые маты (5 %). Травяной ярус разрежен (1 %), отмечены спирея, ситник *Juncus filiformis*, вейник узколистный *Calamagrostis angustifolia*. Сообщества распространены на обводненных местообитаниях в периферических частях термальных полей.

Асс. ***Sphagnetum uliginosii-vacciniiosum*** – голубично-сфагновая. В моховом ярусе доминирует сфагнум *Sphagnum russowii* (80 %). В травяно-кустарничковом ярусе доминирует голубика (60 %), встречаются *Spiraea beauverdiana*, *Calamagrostis purpurea*, *Juncus filiformis*, *Carex oxuandra subsp. pauczetica*, *Trientalis europaea*. Сообщества ассоциации распространены на переувлажненных местообитаниях в периферических частях термальных полей на умеренно-прогретых субстратах.

Класс формаций **Hypnetosa** – гипновые ковры

Формация ***Polytricheta jenseni*** – политриха Иенсена

Асс. ***Polytrichetum jenseni sphagnosum*** – сфагново-политриховая. Сообщества ассоциации распространены на переувлажненных местообитаниях в периферических частях термальных полей. В разреженном травяном ярусе (10 %) обильны ситник *Juncus filiformis* (5 %) и вейник узколистный *Calamagrostis angustifolia* (5 %). В моховом ярусе (50 %) доминирует *Polytrichum jensenii* (30 %), содоминирует *Sphagnum fimbriatum* (20 %), в воде озерков встречается *Warnstorfia fluitans* (1 %).

## б) Термофильно-моховые сообщества

Класс формаций **Bryetosa** – моховые ковры

Формация ***Bryeta* (thermalis)** – термофильно-бриевая

Асс. ***Pohlietum purum*** – пионерные ковры из бриевых мхов. Сообщества ассоциации представляют собой моховые ковры и бордюры, образованные пионерным мхом *Pohlia* sp. Характеризуются бедным видовым составом (1–3 вида) и высоким покрытием *Pohlia* sp. (50–70 %). В моховом ярусе отмечены печеночники *Cladopodiella francisci*, *C. fluitans*. Сообщества описаны на Верхнем термальном поле вулкана Бурлящий на сильнопрогретых дренированных субстратах.

Формация ***Polytricheta juniperinii*** – политриха можжевельникового

Асс. ***Polytrichetum vaccinosum*** – кустарничково-политриховая. В мхово-лишайниковом ярусе (70 %) доминирует *Polytrichum juniperinum* (40–70 %), единично отмечены печеночники (*Gymnocolea inflata*). Лишайники (3 %) представлены термофильными видами: *Cladonia granulans*, *C. vulcanii*, *Trapeliopsis granulosa*, *Placynthiella uliginosa*. В разреженном

травяно-кустарничковом ярусе отмечены ситник *Juncus filiformis* (10 %), голубика (10 %) и спирея (5 %). Сообщества ассоциации распространены на дренированных местообитаниях в центральных частях термальных полей на прогретых субстратах.

### 7) Термофильно-печеночниковые сообщества

Класс формаций **Hepaticosa** – Печеночниковые ковры. На термальных полях широко распространены печеночниковые сообщества, образующие узкие бордюры, микропояса и обрастания вокруг термальных ручьев с температурой воды более 40 °С.

Формация **Gymnocoleta thermalis** – термофильно-печеночниковая

Асс. ***Gymnocolletum inflatae*** – гимноколевая. Покрытие печеночника *Gymnocollea inflata* 30–100 %; другие виды в сообществах ассоциации не отмечены.

Асс. ***Gymnocolletum inflatae spiraeosum*** – спиреево-печеночниковая. В мохово-лишайниковом ярусе, помимо *Gymnocollea inflata* (40 %) высокое покрытие имеют *Sphagnum compactum* (10 %), *Pohlia nutans* (20 %). В сообществах ассоциации встречаются травы и кустарники, их покрытие составляет 15 %, преобладает спирея (12 %), также отмечены *Carex oxuandra*, *Juncus filiformis*, *Calamagrostis purpurea*.

Асс. ***Solenostometum vulcanicolae juncosum*** – ситниково-печеночниковая. В моховом ярусе (60 %) доминирует *Solenostoma vulcanicola* (40 %), из мхов с высоким покрытием встречаются *Polytrichum jensenii* (10 %), *Sphagnum fimbriatum* (10 %). Покрытие *Juncus filiformis* составляет 35 %, отмечены спирея и вейник.

### Заключение

В результате проведенных геоботанических исследований выявлено синтаксономическое разнообразие растительности термальных полей кальдеры вулкана Большой Семячик. Термофильные сообщества отнесены к 27 ассоциациям, 15 формациям и 8 классам формаций. Кроме того, на термальных полях отмечены также цианобактериальные маты и термофильно-водорослевые сообщества, которые требуют специального изучения с участием специалистов-микробиологов и альгологов.

Флористический состав и структура термофильных фитоценозов значительно отличаются от фоновой растительности, что обусловлено влиянием специфических температурных, гидрологических и химических

факторов термальных местообитаний. Растительный покров термальных полей отличается высоким ценотическим разнообразием, значительной флористической неоднородностью и своеобразной горизонтальной структурой, связанной с температурой субстрата и степенью увлажнения. В изученных термальных местообитаниях отмечена концентрически-микроясная, полосчатая либо мозаичная структура растительного покрова (рис. 1). Особенности флористического состава сообществ, проективное покрытие видов и высота ярусов зависят как от температурного режима, так и от влажности местообитаний и *pH* субстрата и термальных вод. На прогретых участках с температурой корнеобитаемого слоя почвы более 43–45 °С высшие растения отсутствуют. На сильно прогретых обводненных местообитаниях встречаются цианобактериальные маты, а на менее увлажненных – печеночниковые ковры. По мере удаления от центра термального поля к периферии и при уменьшении температуры корнеобитаемого слоя количество видов в сообществах и их суммарное покрытие закономерно возрастают. Наши исследования подтверждают и значительно дополняют данные, полученные нами ранее для термальных полей кальдеры Узон (Нешатаева и др., 2009).

### **Благодарности**

Авторы выражают сердечную признательность администрации Кроноцкого государственного заповедника, а также В. В. Якубову (БПИ ДВО РАН) за помощь в определении гербария сосудистых растений, Е. Ю. Кузьминой (БИН РАН) – за определение образцов сфагновых мхов и Т. Г. Мхитаряну (СПбГУ), принимавшему участие в полевых исследованиях. Работа поддержана РФФИ, проект № 11-04-00027а и Программой фундаментальных исследований Президиума РАН «Живая природа: современное состояние и проблемы развития».

### **Литература**

*Брайцева, О. А.* Вулкан Малый Семячик / О. А. Брайцева, И. А. Егорова, Л. Д. Сулержицкий, И. А. Несмачный // Вулканический центр: строение, динамика, вещество (Карымская структура). – М. : Наука, 1980. – С. 199–235.

*Брайцева, О. А.* Возраст кальдер, крупных эксплозивных кратеров и активных вулканов в Курило-Камчатском регионе / О. А. Брайцева, И. В. Мелекесцев, В. В. Пономарева, Л. Д. Сулержицкий // Бюлл. вулканологической станции. – 1995 – Т. 57. – Вып. 6 – С. 383–402.

Вакин, Е. А. Гидротермы вулканического массива Большой Семячик / Е. А. Вакин // Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки. – Владивосток, 1976. – С. 212–236.

Леонов, В. Л. Вулкан Большой Семячик / В. Л. Леонов, Е. Н. Гриб // Действующие вулканы Камчатки. – М. : Наука, 1991. – Т. 1. – С. 144–159.

Нешатаев, Ю. Н. Методы анализа геоботанических материалов / Ю. Н. Нешатаев – Л. : Изд-во Ленинградского ун-та, 1987. – 192 с.

Нешатаева, В. Ю. Растительный покров термальных местообитаний кальдеи Узон (Восточная Камчатка) / В. Ю. Нешатаева, А. П. Кораблев, Е. Ю. Кузьмина и др. // Развитие Дальнего Востока и Камчатки: региональные проблемы. – Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2009. – С. 44–48.

## МНОГОЛЕТНЯЯ ДИНАМИКА РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВ ПИХТОВОЙ РОЩИ

*В. Ю. Нешатаева, Д. Е. Гимельбрант, Е. Ю. Кузьмина  
Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН*

**Ключевые слова:** растительность, ценофлора, динамика, мониторинг, пихтарники, Кроноцкий заповедник, Камчатка

### **Введение**

Единственная на планете роща пихты грациозной (*Abies gracilis* Kom.) площадью 20 га, входящая в состав Кроноцкого заповедника, представляет собой изолированный массив пихтарника, расположенный на побережье Семячикского лимана за границей основной заповедной территории. Пихта грациозная внесена в Международную Красную книгу хвойных (Global Red list of Conifers) как уязвимый таксон (Нешатаева, Фирсов, 2006).

Стационарные исследования на территории пихтовой рощи проводились в 1975–1985 гг. под руководством А. Т. Науменко. С целью ведения многолетнего мониторинга уникального пихтового сообщества им было заложено и закреплено в природе 12 постоянных пробных площадей (ППП) размером от 0,05 до 0,36 га (всего 1,83 га). В 1977–1978 гг. на них была проведена подеревная таксация древостоя. Древостой всех ППП был закартирован. На каждое дерево пихты на ППП (всего 2 734 экз.) была заведена учетная карточка. Всего в роще насчитывалось 30 000 деревьев пихты, их средний возраст составлял 130 лет, максимальный 240 лет (Науменко и др., 1986). Средняя высота пихты 13 м, максимальная 17 м.



## Материалы и методы

В июле 1975 г. участниками Камчатской геоботанической экспедиции Ленинградского университета под руководством Ю. Н. Нешатаева были выполнены детальные геоботанические описания на каждой из 12 ППП; были зафиксированы флористический состав и ценотическая структура древостоя и подчиненных ярусов (подлеска, травяного и мохового ярусов) с учетом всех встреченных видов растений. Данные о составе подчиненных ярусов были нанесены на схему пробных площадей, чтобы по результатам последующих учетов можно было выявить изменения флуктуационного или сукцессионного характера. Однако в начале 1990-х регулярные исследования в пихтовой роще были прекращены из-за отсутствия финансирования.

Летом 2012 г. нам удалось вновь посетить пихтовую рощу и выполнить геоботанические описания на постоянных пробных площадях № 8 и № 10. Повторные геоботанические описания были выполнены на тех же пробных площадях с использованием той же методики, разработанной на кафедре геоботаники Ленинградского университета. Для обеспечения сравнимости результатов данные количественного учета обилия видов были переведены из баллов обилия (по 6-балльной шкале) в проценты проективного покрытия с использованием переводной таблицы (Нешатаев и др., 1994). Кроме того, на изученных пробных площадях были отмечены лишайники-эпифиты, которые в геоботанических описаниях 1975 г. не приводились.

## Результаты и их обсуждение

В результате проведенных исследований получены новые данные по флористическому составу и ценотической структуре сообществ на двух постоянных пробных площадях. Сравнение полученных данных с материалами учетов, проведенных в 1975 г., представляет значительный интерес (табл. 1).

*Таблица 1. Геоботаническая характеристика сообществ пихтарников в 1975 и 2012 гг.*

<b>Номер пробной площади</b>	<b>8</b>	<b>10</b>
Северная широта	54°08'25''	54°08'24,7''
Восточная долгота	159°56'37,5'	159°56'48,5''
Площадь участка, га	0,11	0,09
Высота над ур. моря, м	40	30

Продолжение табл. 1

Экспозиция склона	Зап.		ЮВ	
Крутизна склона, град.	5		2	
<b>Название сообщества</b>	Пихтарник майниково-папоротниковый	Пихтарник папоротниковый	Пихтарник папоротниково-разнотравный	Пихтарник папоротниково-майниковый
Номер описания	<b>377</b>	<b>1008</b>	<b>389</b>	<b>1010</b>
Дата	22.07.1975	10.08.2012	22.07.1975	10.08.2012
Авторы	О. В. Перверзева, Е. Н. Коровянская, И. Н. Кадис	В. Ю. Нешаева	Е. Н. Коровянская	В. Ю. Нешаева
<b>Древостой, сомкнутость</b>	0,5	0,8	0,4	0,8
<b>Состав древостоя</b>	9П1Бк	9П1Бк	8П2Б	9П1Бк
<i>Abies gracilis</i>	9	9	8	9
<i>Betula ermanii</i>	1	1	2	1
<b>Подрост</b>				
<i>Abies gracilis</i>	60	обильно	Ед.	массовый
<i>Betula ermanii</i>	нет	Ед.	обильно	нет
<b>Подлесок, сомкнутость</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2–0,3</b>	<b>0,2–0,3</b>	<b>0,1</b>
<i>Sorbus sambucifolia</i>	15	25	20–30	10
<i>Spiraea beauverdiana</i>	< 5	1	1	
<i>Lonicera chamissoi</i>	< 5	1	1	< 1
<i>Pinus pumila</i>	+			
<i>Rosa amblyotis</i>		< 1	1	+
<b>Травяной ярус, покрытие, %</b>	<b>50–60</b>	<b>85–90</b>	<b>50–60</b>	<b>80</b>
<i>Dryopteris expansa</i>	30	70	10	20
<i>Phegopteris connectilis</i>	35	25	20	20
<i>Maianthemum dilatatum</i>	40	20	30	70
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	1	10		2
<i>Equisetum hyemale</i>	1	5		1
<i>E. pratense</i>	1	< 1		< 1
<i>E. arvense</i>		5		< 1
<i>E. sylvaticum</i>			1	+
<i>Calamagrostis purpurea</i> subsp. <i>langsдорffii</i>	1	1	1	< 1

Продолжение табл. 1

<i>Chamerion angustifolium</i>	+	< 1	1	+
<i>Cacalia kamtschatica</i>	1	2	2	1
<i>Streptopus amplexifolius</i>	1	< 1	+	+
<i>Trientalis europaea</i>	1	< 1		+
<i>Linnaea borealis</i>	+	< 1		
<i>Lycopodium annotinum</i> subsp. <i>pungens</i>	1	< 1	1	1
<i>Atragene ochotensis</i>	+	< 1		< 1
<i>Athyrium filix-femina</i>		2 gr		3
<i>Cirsium kamtschaticum</i>		< 1	1	+
<i>Filipendula camtschatica</i>		< 1	5 gr	< 1
<i>Senecio cannabifolius</i>		+	+	+
<i>Geranium erianthum</i>		+	5	< 1
<i>Clematis fusca</i>		< 1		
<i>Solidago spiraeifolia</i>		< 1	1	+
<i>Allium ochotense</i>		+	1	< 1
<i>Dactylorhiza aristata</i>		+		
<i>Lilium debile</i>		+	+	+
<i>Aruncus dioicus</i>		+	1	1
<i>Trillium camtschatcense</i>		+	1	+
<i>Thalictrum minus</i>			1	+
<i>Carex longirostrata</i>			1	< 1
<i>Veratrum oxysepalum</i>			1	
<i>Saussurea pseudo-tilesii</i>			+	+
<i>Pteridium aquilinum</i>				< 1 gr
<i>Listera cordata</i>				+
<i>Moehringia lateriflora</i>				+
<i>Milium effusum</i>				+
<b>Мхи, покрытие, %</b>	<b>10</b>	<b>25</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
<i>Pleurozium schreberi</i>	1	1	3	1
<i>Pogonatum japonicum</i>	1	5	7	3
<i>D. majus</i>	1	5	+	5
<i>D. fuscescens</i>		3		+
<i>Sciuro-hypnum reflexum</i>	1	3		3
<i>S. starkei</i>		1		
<i>S. curtum</i>				1

Окончание табл. 1

<i>Sanionia uncinata</i>	1	3		3
<i>Rhizomnium nudum</i>	1	1		1 gr
<i>Hypnum cupressiforme</i>	1			
<i>Plagiothecium denticulatum</i>	1	1		
<i>Stereodon plicatulus</i>		1		1
<i>Polytrichastrum alpinum</i>		< 1		< 1
<i>Pohlia sp.</i>		+		
<i>Tetraphis pellucida</i>		+		
<i>Brachythecium erythrorrhizon</i> subsp. <i>asiaticum</i>				1
<i>Rhodobryum roseum</i>				+
<i>Ulota crispa</i>				+
<b>Лишайники, покрытие, %</b>				
<i>Peltigera aphthosa</i>				
<i>P. neopolydactyla</i>				
<i>Cladonia cenotea</i>	+			
<i>Cladonia coniocraea</i>				
<b>Количество видов</b>	<b>22</b>	<b>40</b>	<b>25</b>	<b>45</b>
в том числе: <b>сосудистые</b>	14	27	22	32
<b>мхи</b>	8	13	3	13
<b>лишайники</b>				

**Постоянная пробная площадь № 8.** Сомкнутость древостоя за 37 лет возросла с 0,5 до 0,8, что связано с выходом в древесный ярус пихтового подроста и образованием двух пологов древостоя: 1-й полог пихты высотой 12–14 м, 2-й полог – высотой 7–8 м. Отмечено обильное семенное возобновление пихты. Сомкнутость подлеска увеличилась за счет разрастания кустов рябины бузинолистной (*Sorbus sambucifolia*) – с 15 до 25 %. Из состава подлеска исчез кедровый стланик, ранее присутствовавший единично. Общее покрытие травяного яруса значительно возросло (с 50–60 до 85–90 %), что связано с увеличением обилия папоротников – щитовника (*Dryopteris expansa*) – с 30 до 70 % и голокучника (*Gymnocarpium dryopteris*) – с 1 до 10 %, в то же время доля участия буковника (*Phegopteris connectilis*) несколько снизилась (с 35 до 25 %). Покрытие майника широколистного (*Maianthemum dilatatum*) снизилось вдвое (с 40 до 20 %). Количественные соотношения прочих видов,

отмеченных в 1975 г., не изменились. В настоящее время в травяном ярусе присутствует 13 видов, ранее не зафиксированных на пробной площади: *Equisetum arvense*, *Athyrium filixfemina*, *Cirsium kamtschaticum*, *Filipendula camtschatica*, *Senecio cannabifolius*, *Geranium erianthum*, *Clematis fusca*, *Solidago spiraeifolia*, *Allium ochotense*, *Dactylorhiza aristata*, *Lilium debile*, *Aruncus dioicus*, *Trillium camtschaticense*. Это виды высокоотравья и мезофильного разнотравья, которые были единично отмечены в освещенных «окнах», образовавшихся в результате вывала отдельных старых деревьев пихты.

Покрытие мохового яруса также несколько возросло (с 10 до 25 %), основные виды и доминанты мохового яруса сохранились прежними. При этом 6 видов мхов, встреченных нами, ранее не отмечались на пробной площади: *Dicranum fuscescens*, *Sciurohypnum starkei*, *Stereodon plicatulus*, *Polytrichastrum alpinum*, *Tetraphis pellucida*, *Pohlia* sp. В то же время, *Hypnum cupressiforme*, ранее присутствовавший в сообществе, не был нами обнаружен. Общее флористическое разнообразие фитоценоза значительно увеличилось – с 28 до 46 видов, в основном за счет видов сосудистых растений. В результате произошедшей возрастной смены сообщество пихтарника майниково-папоротникового, зафиксированное здесь в 1975 г. (Нешатаева, Фет, 1994), в настоящее время сменилось пихтарником папоротниковым.

**Постоянная пробная площадь № 10.** Сомкнутость древостоя за предшествующий период также значительно увеличилась: с 0,4 до 0,8, что связано со смыканием древесного полога. При этом в составе древостоя уменьшилась доля каменной березы (с 2 единиц до 1), снизилась площадь освещенных прогалин. Подрост пихты, отмеченный в 1975 г. единично, в настоящее время характеризуется как массовый. Сомкнутость подлеска существенно уменьшилась – с 0,2–0,3 до 0,1, что, по видимому, связано со смыканием древесного яруса. Из состава подлеска исчезла спирея (*Spiraea beauverdiana*), а покрытие рябины бузинолистной снизилось с 25 до 10 %. Общее покрытие травяного яруса также заметно возросло (с 50–60 до 80 %) за счет двукратного увеличения доли майника широколистного (с 30 до 70 %). Общее покрытие папоротников увеличилось с 30 до 45 %. Значительно уменьшилось обилие видов высокоотравья и мезофильного разнотравья, характерных для «окон» и прогалин: в связи с уменьшением освещенности снизили свое покрытие *Cacalia camtschatica*, *Filipendula camtschatica*, *Geranium erianthum*, *Solidago spiraeifolia*, *Thalictrum minus* и др. Из состава травяного яруса

исчезла чемерица (*Veratrum oxysepalum*). В настоящее время здесь отмечено 11 новых видов, ранее не встречавшихся на пробной площади: *Gymnocarpium dryopteris*, *Equisetum hyemale*, *E. pratense*, *E. arvense*, *Trientalis europaea*, *Atragene ochotensis*, *Athyrium filixfemina*, *Pteridium aquilinum*, *Listera cordata*, *Moehringia lateriflora*, *Milium effusum*.

Общее покрытие мохового яруса увеличилось вдвое (с 10 до 20 %), к прежним трем видам мхов (*Pogonatum japonicum*, *Pleurozium schreberi*, *Dicranum majus*) прибавилось еще 10 видов, ранее не отмечавшихся на пробной площади: *Dicranum fuscescens*, *Sciuro-hypnum reflexum*, *S. curtum*, *Sanionia uncinata*, *Rhizomnium nudum*, *Stereodon plicatulus*, *Polytrichastrum alpinum*, *Brachythecium erythrorhizon* subsp. *asiaticum*, *Rhodobryum roseum*, *Ulotia crispa*. Общее флористическое разнообразие фитоценоза также существенно увеличилось – с 31 до 50 видов, как за счет сосудистых, так и мхов. В результате возрастной смены сообщество *пихтарника папоротниково-разнотравного*, отмеченное здесь в 1975 г., к настоящему времени сменилось *пихтарником папоротниково-майниковым*.

Кроме того, на изученных пробных площадях отмечены лишайники-эпифиты: *Cliostomum griffithii*, *Lecanora boligera*, *L. chlorotera*, *Mycoblastus affinis*, *Psynora leucococca*, *Ramalina roesleri*, *Ramboldia cinnabarina* – эпифиты пихты; *Bryoria americana*, *Hypogymnia physodes*, *H. pseudophysodes*,

*Lecanora symmicta*, *Lecidea albofuscescens*, *Parmelia squarrosa*, *P. sulcata*, *Parmeliopsis ambigua*, *P. hyperopta*, *Tuckermannopsis chlorophylla*, *Vulpicida pinastri* – эпифиты пихты и березы. На почве, валеже и комлях деревьев единично отмечены 4 вида лишайников: *Cladonia cenotea*, *C. coniocraea*, *Peltigera aphthosa*, *P. neopolydactyla*.

### **Заключение**

Таким образом, за прошедшие 37 лет в сообществах пихтовой рощи произошли заметные изменения, как в структуре древостоя, так и в видовом составе и соотношении доминантов травяного и мохового ярусов. Это связано прежде всего с оконной динамикой, обусловленной выпадением старых деревьев из состава древостоя и переходом молодых деревьев пихты из подроста в древесных ярусах. В настоящее время на обследованных пробных площадях преобладает процесс смыкания древесного яруса и формируется второй полог пихты высотой 7–8 м. При этом уменьшилась общая освещенность под пологом древостоя, исчезли осветленные «окна», что привело к уменьшению доли участия в сообществах светолюбивых видов высокотравья и мезофильного

лугового разнотравья и значительному увеличению покрытия теневыносливых видов сосудистых (папоротников, хвощей, майника широколистного) и мхов. В результате идущих возрастных смен сообщества пихтарников разнотравных сменяются пихтарниками майниково-папоротниковыми и папоротниковыми. Ведение мониторинга на постоянных пробных площадях необходимо продолжить.

В 2012 г. на обследованных пробных площадях были обнаружены 6 видов мхов, ранее не отмечавшихся в пихтовой роще. С учетом новых данных нами составлен аннотированный список флоры мохообразных рощи, включающий 30 видов мхов и 3 вида печеночников. Следует отметить, что уникальные камчатские пихтарники необычны также и по видовому составу мохообразных: здесь велика концентрация редких для территории Камчатки видов. Так, например, в пихтовой роще многократно встречен редкий вид *Pogonatum japonicum*, включённый в Красную книгу Камчатки (Черданцева, 1993; Красная книга Камчатки, 2007). На Камчатке он находится на северной границе ареала, встречается также в Приморье, Хабаровском крае, Амурской области, на Сахалине и южных Курилах (Ignatov et al., 2006). В роще часто встречается редкий вид *Rhizomnium nudum*, который в России распространен только в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке (Ignatov, et al., 2006), на Камчатке произрастает спорадически (Чернядьева, 2012). На обнаженной почве ветровального выворота встречен редкий вид *Schistostega pennata*, также распространенный на Камчатке спорадически (Чернядьева, 2012). Распространенный в роще *Pleuroziopsis ruthenica* – экзотический вид, имеющий пацифическое распространение, на Камчатке встречается редко (Чернядьева, 2012). *Ulota crispa*, встреченная на коре пихты, – редкий эпифит, на Камчатке произрастает спорадически (Чернядьева, 2012). Из печеночников, найденных в пихтовой роще, в Красную книгу Камчатки (2007) занесена *Lophozia ascendens*, находящаяся здесь на северной границе ареала и ранее известная только с юго-западной Камчатки, где отмечена в долинах рек Банная и Начилова (Нешатаева и др., 2003). Основной ареал вида охватывает таежную зону Голарктики, где вид редок и встречается преимущественно в старовозрастных хвойных лесах, с высоким уровнем атмосферной влажности (Красная книга Камчатки, 2007). Необычным является и высокое обилие в пихтарниках редких видов мхов: в частности, *Pogonatum japonicum* и *Rhizomnium nudum* имеют большое проективное покрытие и являются доминантами мохового яруса.

Таким образом, можно предположить, что комплекс редких видов мохообразных реликтовых пихтарников рощи сохранился здесь со времен существования раннеплейстоценовых елово-пихтовых лесов Камчатки и в обедненном виде формирует ее современный моховой покров.

Работа поддержана РФФИ, проект № 11-04-00027-а.

### Список литературы

Гимельбрант, Д. Е. К лишенофлоре камчатской Пихтовой рощи (Кроноцкий заповедник) / Д. Е. Гимельбрант, И. С. Степанчикова // Новости систематики низших растений. – 2011. – Т. 45. – С. 150–158.

Красная книга Камчатки / ред. О. А. Черныгина // Растения, грибы, термофильные микроорганизмы. – Петропавловск-Камчатский : Камчат. печат. двор. – Т. 2. – 2007. – 341 с.

Кузьмина, Е. Ю. К бриофлоре пихтарников из *Abies gracilis* (Кроноцкий заповедник, Камчатка) / Е. Ю. Кузьмина, В. Ю. Нешатаева // Новости систематики низших растений. – 2011. – Т. 45. – С. 318–326.

Науменко, А. Т. Кроноцкий заповедник / А. Т. Науменко, Е. Г. Лобков, А. П. Никаноров. – М. : Агропромиздат. – 1986. – 192 с.

Нешатаев, Ю. Н. Принципы и методы классификации растительности Кроноцкого заповедника / Ю. Н. Нешатаев, В. Ю. Нешатаев, В. Ю. Нешатаева // Растительность Кроноцкого государственного заповедника. – СПб : БИН РАН. – Вып. 16. – 1994. – С. 7–12.

Нешатаева, В. Ю. О международном природоохранном статусе *Abies gracilis* Ком. и состоянии ее уникальной рощи / В. Ю. Нешатаева, Г. А. Фирсов // Ботанический журнал. – 2006. – Т. 91. – № 1. – С. 143–151.

Нешатаева, В. Ю. Формация пихты грациозной *Abietetta gracilis* / В. Ю. Нешатаева, Г. Ю. Фет // Растительность Кроноцкого государственного заповедника. – СПб. : БИН РАН. – Вып. 16. – 1994. – С. 12–18.

Нешатаева, В. Ю. Ценолитические, бриофлористические и лишенобиотические особенности коренных старовозрастных каменноберезовых лесов Юго-Западной Камчатки / В. Ю. Нешатаева, Д. Е. Гимельбрант, Е. С. Кузнецова, И. В. Черныдьева // Доклады III научн. конф. «Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей», Петропавловск-Камчатский, 26–27 ноября 2002 г. – Петропавловск-Камчатский, 2003. – С. 100–123.

Потемкин, А. Д. Печеночники и антоцеротовые России / А. Д. Потемкин, Е. В. Софронова. – Т. 1. – СПб. ; Якутск, 2009. – 368 с.

Черданцева, В. Я. Листостебельные мхи / В. Я. Черданцева // Редкие виды растений Камчатской области и их охрана. – Петропавловск-Камчатский, 1993. – С. 136–151.

Черданцева, В. Я. Материалы к бриофлоре Кроноцкого биосферного заповедника (Дальний Восток, Камчатка) / В. Я. Черданцева // Растения в муссоном



климате : Мат. III международ. конф. – Владивосток. – 2003. – С. 169–173.

*Чернядьева, И. В.* Мхи полуострова Камчатка / И. В. Чернядьева. – СПб. : Изд-во СПбГТУ «ЛЭТИ», 2012. – 459 с.

*Ignatov, M. S.* Check-list of mosses of East Europe and North Asia / M. S. Ignatov, O. M. Afonina, E. A. Ignatova et al. // *Arctoa*. – Vol. 15. – 2006. – P. 1–86.

Приложение

### **Аннотированный список видов мохообразных Пихтовой рощи**

Первые сведения о составе мохового яруса пихтарников приведены участниками геоботанической экспедиции Ленинградского университета в 1975 г. Список включает 10 видов мхов (Нешатаева, Фет, 1994). Впоследствии В. Я. Черданцева (2003) привела 3 вида мхов, собранных в пихтовой роще, из них 1 вид не был отмечен ранее. Небольшая коллекция мохообразных была собрана в роще в июле 2010 г. Т. В. Хакимулиной. В результате был составлен список видов мохообразных пихтовой рощи, включающий 24 вида мхов и 3 вида печеночников (Кузьмина, Нешатаева, 2011). В августе 2012 г. на постоянных пробных площадях в пихтовой роще была собрана коллекция мхов, в результате обработки которой найдено 6 новых для пихтовой рощи видов. Ниже приведён обобщенный аннотированный список видов мохообразных, включающий 30 видов мхов и 3 вида печеночников.

Названия таксонов в списке приведены по: Ignatov et al. (2006) и А. Д. Потемкин, Е. В. Софронова (2009). Для каждого вида указана встречаемость (*редко* – вид собран 1–2 раза, *спорадически* – 3–4 раза, *часто* – 5 раз и более), субстрат, наличие спороношения (S). Сборы Т. В. Хакимулиной отмечены цифрой 1, сборы О. Н. Переверзевой – 2, сборы 2012 г. – 3. Виды, ранее не приводившиеся для пихтовой рощи, выделены жирным шрифтом. Звездочкой отмечены виды, упомянутые в литературе. Печеночники определены А. Д. Потемкиным. Обработанные коллекции мхов хранятся в бриологическом гербарии БИН РАН (LE).

#### **Отдел BRYOPHYTA – мхи**

*Brachythecium erythrorrhizon* subsp. *asiaticum* Ignatov – Редко, на мелком валеже, 2; на опаде в пихтарниках папоротниковом и папоротниково-майниковом, 3.

\**B. salebrosum* (F. Weber & D. Mohr) Bruch et al. – Редко, на почве, в пихтарнике папоротниково-майниковом (Нешатаева, Фет, 1994).

\**Calliergon cordifolium* (Hedw.) Kindb. – Редко, на почве (Черданцева, 2003).

*Climacium dendroides* (Hedw.) F. Weber & D. Mohr – Редко, на почве, 1.

*Dicranum fuscescens* Turner – Спорадически, на крупном валеже последних стадий разложения, 1; на стволе дерева и опаде в пихтарниках папоротниково, мелкопапоротниково и папоротниково-майниковом, 3. S.

\**D. majus* Turner – Часто, на почве, опаде, валеже, прикомлевых частях деревьев и подстилке, 1; 3; в пихтарниках папоротниково-майниковом, мелкопапоротниково, папоротниково и высокотравном (Нешатаева, Фет, 1994). S.

\**Hypnum cupressiforme* Hedw. – Спорадически, на почве в пихтарнике папоротниково-майниковом (Нешатаева, Фет, 1994).

\**Oncophorus virens* (Hedw.) Brid. – Редко, на почве в пихтарнике папоротниково-майниковом (Нешатаева, Фет, 1994).

***Plagiomnium medium*** (Bruch et al.) T. J. Кор. – Редко, на почве и подстилке в пихтарнике мелкопапоротниково, 3.

*Plagiothecium denticulatum* (Hedw.) Bruch et al. – Редко, на древесине последних стадий разложения, 1; на валеже и прикомлевых частях в пихтарнике папоротниково, 3. S.

*P. laetum* Bruch et al. – Редко, на крупном валеже последних стадий разложения, 1; на опаде в пихтарнике папоротниково, 3. S.

***Pleuroziopsis ruthenica*** (Weinm.) Kindb. ex E. Britton – Редко, на почве и подстилке в пихтарнике мелкопапоротниково, 3.

\**Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. – Часто, на почве и опаде 1; 3; в пихтарниках папоротниково, папоротниково-майниковом и высокотравном (Нешатаева, Фет, 1994).

\**Pogonatum japonicum* Sull. et Lesq. – Часто, на почве, 2; 3; в пихтарниках папоротниково-майниковом и высокотравном (Нешатаева, Фет, 1994; Черданцева, 2003). S.

***Pohlia nutans*** (Hedw.) Lindb. – Редко, на опаде в пихтарнике папоротниково, 3. S.

\**Polytrichastrum alpinum* (Hedw.) G. L. Sm. – Спорадически, на почве, и подстилке в пихтарниках папоротниково и папоротниково-майниковом 2; 3; в пихтарнике папоротниково-майниковом (Нешатаева, Фет, 1994). S.

*Polytrichum commune* Hedw. – Редко, на почве, 1.

\**Rhizomnium nudum* (E. Britton et R. S. Williams) T. J. Кор. – Часто, на почве, валеже и подстилке, 1; 2; 3 в пихтарниках папоротниково-майниковом, высокотравном, мелкопапоротниковом (Нешатаева, Фет, 1994). S.

*R. pseudopunctatum* (Bruch & Schimp.) T. J. Кор. – Редко, на почве, 1.

***Rhodobryum roseum*** (Hedw.) Limpr. – Редко, на почве, валеже и подстилке в пихтарниках мелкопапоротниковом и папоротниково-майниковом, 3.

*Rhytidadelphus squarrosus* (Hedw.) Warnst. – Редко, на почве, 1, 3.

***Sciuro-hyponum curtum*** (Lindb.) Ignatov – Редко, на валеже и подстилке в пихтарнике папоротниково-майниковом, 3.

\**Sciuro-hyponum reflexum* (Starke) Ignatov et Huttunen – Часто, на почве, 1; на опаде, валеже и прикомлевых частях деревьев в пихтарнике папоротниковом и папоротниково-майниковом, 3; в пихтарниках папоротниково-майниковом и высокотравном (Нешатаева, Фет, 1994; Черданцева, 2003).

*S. starkei* (Brid.) Ignatov et Huttunen. – Редко, на опаде, 2; 3.

\**Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske – спорадически, на крупном валеже последних стадий разложения, 1; на опаде в пихтарнике папоротниковом, 3; в пихтарнике папоротниково-майниковом (Нешатаева, Фет, 1994). S.

*Schistostega pennata* (Hedw.) F. Weber et D. Mohr – Редко, на вывороте комля, обнаженный грунт, 1.

*Sphagnum girgensohnii* Russow – Редко, на почве, 1.

*Stereodon plicatulus* Lindb. – Редко, на опаде, валеже, разложившихся пнях и на стволе дерева, 1; 3. S.

*Tetraphis pellucida* Hedw. – Редко, на крупном валеже последних стадий разложения, 1; на валеже и прикомлевых частях деревьев в пихтарнике папоротниковом, 3.

***Uloa crispa*** (Hedw.) Brid. – Редко, на стволе дерева в пихтарнике папоротниково-майниковом, 3.

### Отдел MARCHANTIOPHYTA – печеночники

*Frullania bolanderi* Austin – Редко, на коре ствола березы, 1.

*Lophozia ascendens* (Warnst.) R. M. Schust. – Редко, на крупном валеже последних стадий разложения, 1.

*L. guttulata* (Lindb. et Arnell) A. Evans – Редко, на крупном валеже последних стадий разложения, 1.

**МОНИТОРИНГ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА  
НА ГЕОБОТАНИЧЕСКОМ ПРОФИЛЕ  
«КРОНОЦКОЕ ОЗЕРО – КРОНОЦКИЙ АЭРОДРОМ»  
(КРОНОЦКИЙ ЗАПОВЕДНИК, КАМЧАТКА)**

*М. С. Овчаренко<sup>1</sup>, В. Ю. Нешатаева<sup>2</sup>, А. О. Пестеров<sup>2</sup>, Д. Е. Гимельбрант<sup>3</sup>,  
А. П. Кораблев<sup>2</sup>, О. А. Пестерова<sup>2</sup>, М. В. Прозорова<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>ФГБУ «Кроноцкий государственный заповедник»*

*<sup>2</sup>Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН*

*<sup>3</sup>Санкт-Петербургский государственный университет*

**Ключевые слова:** Кроноцкий заповедник, растительность, классификация, динамика, мониторинг

**Введение**

Кроноцкий заповедник является одним из старейших заповедников России. Он был основан 1 ноября 1934 г. по постановлению Президиума ВЦИК РСФСР и просуществовал до начала 1952 г. Ключевой предпосылкой закрытия в начале 1950-х гг. целого ряда заповедников, включая Кроноцкий, была следующая формула: «Этап пассивной охраны флоры и фауны пройден, и продолжать так нельзя, когда вся страна, все отрасли народного хозяйства идут сейчас на активное вмешательство в природу. До сих пор заповедники брали аванс у государства, теперь же пора отдавать». В 1959 г. Кроноцкий государственный заповедник был восстановлен в системе Главохоты РСФСР, в результате чего площадь его увеличилась вдвое, почти достигнув современных размеров. Но уже менее чем через два года, 10 июня 1961 г., он был ликвидирован повторно, как «надуманное дело» (по мнению Н. С. Хрущева). Вновь заповедными Кроноки стали только в 1967 г. по ходатайству участников 2-го Всесоюзного совещания вулканологов (Науменко и др., 1986).

В периоды отмены заповедного режима на территории заповедника проводились интенсивные геологоразведочные работы. В бассейне р. Богачевка велись изыскания нефти, в результате чего возник поселок Богачевка. С сентября 1966 по июнь 1973 г. экспедицией Ленгидропроекта проводились комплексные изыскания на р. Кроноцкой с целью проектирования гидроэлектростанции, для этих целей был построен и аэродром в нижнем течении р. Кроноцкая. Были проложены дороги, появились буровые установки, разведочные шурфы и трассы, лесосеки,

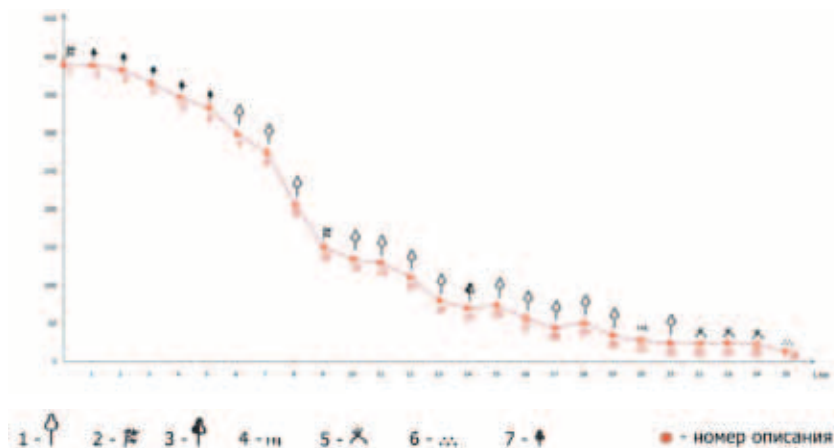
мосты, действовали аэродром и вертолетные площадки. Следы негативного воздействия человека прослеживаются здесь и сегодня в виде остатков проржавевших буровых конструкций, развалин балков, бочек, эрозионных промоин вдоль дорог, загрязненных горюче-смазочными материалами почв и т. п. Растительность района, подвергшегося антропогенному воздействию более 40 лет назад, медленно восстанавливает свой естественный облик.

С целью отслеживания современного состояния и динамики растительного покрова территорий, подвергшихся активному антропогенному воздействию в период изыскательских работ экспедиции Ленгидропроекта, необходимо ведение геоботанического мониторинга, который понимается как целенаправленное, специальное и длительное слежение за состоянием и изменениями флоры и растительности на постоянных пробных площадях. В настоящей работе представлены результаты изучения растительности на постоянных пробных площадях, заложенных в целях ведения геоботанического мониторинга на профиле «Кроноцкое озеро – Кроноцкий аэродром». Материалы настоящей работы являются начальным этапом мониторинга.

### **Материалы и методы исследований**

В августе 2011 г. Камчатским геоботаническим отрядом Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН под руководством д. б. н. В. Ю. Нешатаевой при участии сотрудников Кроноцкого заповедника М. С. Овчаренко и М. В. Прозоровой проведены полевые исследования в районе р. Кроноцкой. Был заложен геоботанический профиль протяженностью 26 км вдоль линии автодороги от оз. Кроноцкое до Кроноцкого аэродрома. Геоботанический профиль проходит по территории с перепадом высот от 390 до 13 м над ур. м., в связи с чем прослеживается закономерная смена растительных сообществ, характерных для различных высотных поясов растительности (рис. 1).

На профиле было заложено 26 постоянных пробных площадей в наиболее характерных растительных сообществах. Геоботанические описания проводили по стандартной методике (Ипатов, 2000). Размер пробных площадей для лесных сообществ составил 20 x 20 м, для сообществ лугов, стлаников, болот и тундр – 10 x 10 м. Географические координаты и высотную приуроченность пробных площадей определяли с помощью портативного навигатора GPS. Каждую пробную площадь закрепляли на местности четырьмя деревянными столбиками высотой 1 м.



**Рис. 1.** Геоботанический профиль «Кроноцкое озеро – Кроноцкий аэродром» (1 – каменноберезовые леса и редколесья; 2 – кедровостланики; 3 – ольшаники из ольхи пушистой; 4 – кустарниково-разнотравные луга (аласы); 5 – приморские тундры; 6 – восковниково-сфагновые болота; 7 – ольховые стланики)

Характеристика местообитаний включала описание микрорельефа, характера увлажнения, высоты над уровнем моря, экспозиции и крутизны склона и др. Кроме того, рядом с каждой пробной площадью был заложен почвенный разрез и выполнено морфологическое описание почвенного профиля.

Для достижения максимальной точности измерений и получения эталонных данных для проведения сравнения при дальнейших мониторинговых исследованиях каждое дерево в лесных сообществах было пронумеровано (номера наносили несмываемой краской). Были определены основные таксационные показатели каждого дерева: диаметр ствола, диаметр кроны, высота, возраст, состояние, местоположение и сомкнутость крон.

На каждой пробной площади выполняли детальное геоботаническое описание с указанием флористического состава и проективного покрытия каждого вида. Особое значение при закладке мониторинговых пробных площадей придавалось выявлению полного видового состава всех ярусов растительных сообществ, включая ярус мхов и лишайников. При этом трудно определяемые в полевых условиях виды мхов, печеночников или спорные виды сосудистых растений гербаризировали.

Определение гербарного материала было проведено в камеральный период специалистами.

В камеральный период были составлены фитоценотические таблицы в формате EXEL и проведена сравнительная характеристика выделенных растительных сообществ и группировок с использованием табличного метода эколого-фитоценотической классификации (Нешатаев, 1987). Наименования синтаксонов приведены в соответствии с разработанной эколого-фитоценотической классификацией растительности Кроноцкого государственного заповедника (Растительность... 1994) и классификацией растительности полуострова Камчатка (Нешатаева, 2009).

## Основные результаты

### 1. Лесная растительность

#### 1. Каменноберезовые леса

Асс. **Каменноберезняк кустарниково-разнотравный – *Betuleletum ermanii fruticoso-varioherbosum***. Сомкнутость древостоя 0,4–0,6. Средняя высота березы 11 м, господствующий диаметр 25 см, максимальный 67 см. Подлесок сомкнутостью 0,25–0,7 образован *Rosa amblyotis* и *Lonicera caerulea*. Также встречаются: *Rubus sachalinensis*, *Pinus pumila*, *Juniperus sibirica*, *Alnus fruticosa*, *Spiraea beauverdiana* и *Sorbus sambucifolia*. Травяной ярус (35–80 %) подразделяется на два подъяруса. В 1-м подъярусе (высота 70–120 см) отмечены: *Thalictrum minus*, *Senecio cannabifolius*, *Trisetum sibiricum*, *Chamerion angustifolium*, *Milium effusum Saussurea pseudo-tilesii* и *Geranium erianthum*. Во 2-м подъярусе (20–40 см): *Maianthemum dilatatum*, *Galium boreale*, *Equisetum hyemale*, *Carex pallida*, *Carex falcate*, *Clematis fusca*, *Allium ochotense*, *Atragene ochotensis*, *Pedicularis resupinata*, *Lathyrus pilosus* и *Vaccinium uliginosum*. Общее флористическое разнообразие сосудистых растений составляет 61 вид. Моховой покров (покрытие до 1 %) образован отдельными дернинками *Sanionia uncinata*, *Dicranum majus*, *D. scoparium*, *Polytrichastrum alpinum*, *Sciuro-hypnum reflexum* и *Pleurozium schreberi*. Лишайники представлены эпифитами на стволах берез: *Parmelia squarrosa*, *P. sulcata*, *Melanelia olivacea*, *Ochrolechia androgyna*, *Hypogymnia bitteri* и *Mycoblastus affines*. Сообщества ассоциации описаны на террасе р. Кроноцкая с уклоном 3–5°.

Асс. **Каменноберезняк кедровостланиковый – *Betuleletum ermanii pinosum pumilae***. Сомкнутость древостоя в среднем 0,5. Высота

березы не превышает 10–14,5 м. Диаметр стволов от 17 до 35 см. В подлеске сомкнутостью 0,5–0,7 преобладает *Pinus pumila* (25–70 %), отмечены: *Rosa amblyotis* (1–15 %), *Lonicera caerulea* (5 %), *Juniperus sibirica* (10 %), *Spiraea beauverdiana* (7 %), единично встречены *Rubus sachalinensis*, *Alnus fruticosa* и *Sorbus sambucifolia*. В травяно-кустарничковом ярусе (покрытие 40 %), развит 2-й подъярус из *Maianthemum dilatatum*, *Trientalis europeae* ssp. *arctica* и *Lycopodium annotinum*. 1-й подъярус разрежен, образован *Calamagrostis purpurea* subsp. *langsdorffii*, *Trisetum sibiricum* и *Saussurea pseudotilesii*. Общее флористическое разнообразие сосудистых растений составляет 29 видов, на пробной площади встречается не более 24 видов. Моховой ярус (покрытие до 30 %) образован *Dicranum majus*, *Pleurozium schreberi*, *Polytrichum commune* и *Sanionia uncinata*. Лишайники представлены эпимфитами на стволах берез: *Parmelia squarrosa*, *Melanelia olivacea*, *Hypogymnia bitteri*, *Vulpicida juniperinus*, *Parmeliopsis hyperopta*, *Lecanora fuscescens*, *Pirrospora cinnobaria* и *Parmeliopsis hyperopta*. Сообщества ассоциации приурочены к пологим склонам Ю и ЮЮВ экспозиции, с уклоном до 5°.

## 2. Каменноберезовые редколесья

Асс. **Каменноберезовое редколесье кустарничковое – *Subbetuletum ermanii fruticulosum***. Сообщество ассоциации описано на границе массива сомкнутого каменноберезового леса и приморской кустарничковой тундры. Микрорельеф полого-бугорковатый. Мертвый покров занимает менее 1 % и состоит из слаборазложившегося очеса кустарничков. Древесный ярус разрежен, образован низкорослой каменной березой. Сомкнутость древостоя 0,2. Отмечено возобновление кедрового стланика высотой 15 см (1 %) и березы каменной высотой 0,5–2,5 м (60 шт., состояние хорошее). Сомкнутость кустарничкового яруса менее 0,1. Покрытие травяно-кустарничкового яруса – 90 %, господствующая высота 10–15 см. Сложение равномерное, сомкнутое, преобладают кустарнички: *Empetrum nigrum*, *Arctous alpina*, *Ledum palustre* ssp. *decumbens*, *Vaccinium uliginosum*, *Betula exilis* на их фоне единично встречаются виды тундрового разнотравья. Мхи встречаются в основном на кочках, их общее покрытие составляет 5 %. Покрытие лишайников – 1,5 %.

## 3. Ольшаники из ольхи пушистой

Асс. **Ольшаник кустарничковый – *Alnetum hirsutae fruticosum***. Сообщество ассоциации описано на пологом склоне к р. Кроноцкая.



Микрорельеф волнистый, выражены микроповышения у стволов ольхи. Мертвый покров (5 %) состоит из ветоши злаков и среднеразложившегося опада ольхи пушистой. Сомкнутость древесного яруса 0,5. В древостое преобладает ольха пушистая (27 экз.), участвует береза каменная (11 экз.). Отмечено возобновление древостоя: каменная береза – 4 экз. (состояние хорошее), ольха пушистая (порословое возобновление) – много, состояние удовлетворительное. Сомкнутость кустарникового яруса 0,8, он образован шиповником (*Rosa amblyotis*) и жимолостью (*Lonicera caerulea*) с участием спиреи и малины сахалинской. В травяно-кустарничковом ярусе (общее покрытие 25 %): преобладают злаки, бодяк (*Cirsium kamschaticum*), соссурея (*Saussurea pseudo-tilesii*) и василистник (*Thalictrum minus*). В пределах яруса выделено два подъяруса: 1-й подъярус (100–1200 см) – *Calamagrostis purpurea* ssp *langsдорffii*, *Cirsium setosum*, *Thalictrum minus*, *Aruncus dioicus* и *Saussurea pseudo-tilesii*; 2-й подъярус (30 см) – *Carex pallida*, *Rubus arcticus*, *Equisetum arvense* и *E. hyemale*, *Moehringia lateriflora*, *Dryopteris expansa* и др. Мхи встречаются на валеже и приствольных повышениях. На стволах деревьев отмечены лишайники-эпифиты, в том числе *Lobaria pulmonaria*, занесенная в Красную книгу Камчатки.

## II. Стланиковая и кустарниковая растительность

### 1. Сообщества кедрового стланика

Асс. **Кедровстланик спиреевый** – *Pinetum pumilae spiraeosum*. Сомкнутость стланикового яруса 0,8. Характерной особенностью ассоциации является доминирование в кустарниковом ярусе *Spiraea beauverdiana* (25 %), а в травяно-кустарничковом ярусе – *Calamagrostis purpurea* ssp *langsдорffii*, отдельными пятнами встречается *Vaccinium uliginosum*. С высокой константностью *Maianthemum dilatatum* и *Trientalis europeae* subsp. *arctica*. Также здесь отмечены *Equisetum arvense*, *Ledum palustre* и *Lycopodium annotinum*. Моховой ярус (20 %) представлен равномерно, пятнами на подстилке: *Polytrichum commune*, *Pleurozium shreberi*, *Sanionia uncinata*, *Dicranum majus*, *D. fuscescens* и *D. angustum*. Лишайники представлены эпифитами на коре кедрового стланика (общее разнообразие 25 видов): *Hypogymnia pseudophysodes*, *Parmeliopsis ambigua*, *Vulpicida pinastri*, *Lecanora fuscescens*, *Pertusaria* sp. и др. Сообщество ассоциации описано на высоте 390 м над ур. м., на северном склоне с уклоном 5° в 165 м на ЮВ от кордона «Исток». Имеются микроповышения на месте лежащих стволов, поверхность почвы перекрыта подстилкой

(20 %). Мертвый покров: слаборазложившийся опад кедрового стланика, покрытие равномерное (80 %).

Асс. **Кедровостланик низкотравный**, субасс. **голокучниковая** – *Pinetum nanoherbosum* subass. *gymnocarpiosum*. Сомкнутость стланикового яруса 0,7. Травяно-кустарничковый ярус (покрытие 10 %) разрежен: в нем доминирует голокучник – *Gymnocarpium dryopteris* (10 %). Покрытие *Calamagrostis purpurea* subsp. *langsдорffii* и *Vaccinium uliginosum* составляет менее 1 %. Моховой ярус (40 %) представлен равномерно под кронами стланика и на прогалинах, местами перекрыт опадом, образован *Pleurozium shreberi*, *Polytrichum commune*, *Dicranum majus* и др. Лишайники встречаются единично: эпифиты – *Hypogymnia pseudophysodes*, *Vulpicida juniperinus*, *Parmeliopsis hyperopta*; напочвенные – *Cladonia maxima*, *Cl. rangiferina* и *Cl. arbuscula*. Сообщество ассоциации находится в 8950 м от кордона «Исток» на высоте 146–150 м над ур. м. Положение в рельефе: склон южной экспозиции, крутизной 35°. Микрорельеф неровный, бугристо-западинный, отмечены микроповышения на месте лежащих стволов стлаников и валунов высотой до 20 см. Мертвый покров (85 %) – слаборазложившаяся хвоя стланика.

## 2. Сообщества ольхового стланика

Асс. **Ольховник папоротниково-вейниковый** – *Alnetum fruticosae dryopteridoso-calamagrostidosum*. Сомкнутость ольхового стланика 0,7. Сообщества ассоциации характеризуются доминированием в травяном ярусе вейника Лангсдорфа – *Calamagrostis purpurea* subsp. *langsдорffii* (25–30 %). С высокой константностью встречаются: *Dryopteris expansa*, *Maianthemum dilatatum* и *Trientalis europeae* subsp. *arctica*. Моховой ярус разрежен, мхи встречаются пятнами на лежащих стволах: *Sanionia uncinata*, *Brachythecium* sp. и *Sciuro-hypnum curtum*. Лишайники-эпифиты представлены единичными экземплярами на стволах ольховника: *Lecanora fuscescens*, *Parmeliopsis hyperopta*, *P. ambigua* и *Cetraria sepincola*. Мертвый покров (20–70 %) представлен слаборазложившейся ветошью злаков, папоротников и опадом ольховника. Микрорельеф слабоволнистый, отмечены небольшие микроповышения на месте лежащих стволов, перекрытых опадом. Мертвый покров (70–80 %) – слаборазложившаяся ветошь злаков и опад ольхи. Почва вулканическая слоисто-пепловая.

Сообщество субассоциации Ольховник спиреево-вейниково-папоротниковый (пробная площадь № 4) характеризуется развитым подлеском из *Spiraea beauverdiana* (покрытие 15–40 %), обилен также *Phegopteris connectilis* (20 %). Кроме того, здесь отмечены адвентивные виды: *Geum*

*aleppicum* и *Euphrasia taximoviczii*, что свидетельствует об антропогенных нарушениях растительного покрова на этом участке. Данное сообщество находится в непосредственной близости от поселка Снежный и является «островным» ольховником (60 %) в окружении полян антропогенного происхождения (40 %), чем и объясняется наличие антропогенных видов.

### III. Тундровая растительность

Приморские тундры

Асс. **Голубично-шикшевая – *Empetretum vaccinosum***. В сообществах ассоциации хорошо травяно-кустарничковый ярус (общее покрытие 80–90 %), преобладает *Empetrum nigrum* (25–40 %), обильны: *Arctous alpina* (10–15 %), *Ledum palustre* subsp. *decumbens* (7–25 %), *Vaccinium uliginosum* (10 %), *Betula exilis* (3–5 %), *Loiseleuria procumbens* (5–7 %) и *Vaccinium vitis-idaea* (1 %). С высокой константностью встречаются также: *Hedysarum hedysaroides*, *Festuca altaica*, *Saussurea pseudo-tilesii*, *Oxytropis erecta*, *Tofieldia coccinea*, *Bistorta vivipara* и *Sanguisorba officinalis*. Из мхов встречены: *Pleurozium schreberi*, *Dicranum polysetum*, *D. acutifolium*, *Ptilidium ciliare*, *Polytrichum commune*, *Polytrichum juniperinum*. Из лишайников наиболее обильны: *Cladonia laevigata*, *Cl. rangiferina*, *Cl. arbuscula*, *Arctocetraria andreevi*, *Flavocetraria cuculata*, *Peltigera aptosa*. Сообщества ассоциации приурочены к высокой террасе р. Кронуцкая и подгорной равнине у ЮВ подножия вулкана Кронуцкий. Микрорельеф бугорковатый с амплитудой бугорков 10–25 см (покрытие бугорков 50–70 %). Мертвый покров образован слаборазложившимся опадом кустарничков, ветошью трав и злаков (1–5 %). Для сообществ ассоциации характерна тундровая гумусово-иллювиальная почва на аллювиальных отложениях. Основная масса корней находится на глубине 15–18 см (общая глубина распространения корней 36–40 см).

Растительность болот

Болота переходные осоково-кустарничково-сфагновые

Асс. **Восковниково-кустарничково-сфагновая – *Herbospagnetum fruticulosum- myricosum***. Переходное болото на речной террасе описано в 100 м от р. Кронуцкая. На пробной площади выражены кочки (80 %) высотой до 20 см и обводненные мочажины. Сложение травянистого покрова равномерное, сомкнутое. Фон образует *Sphagnum compactum* на его фоне аспектируют: восковник (*Myrica tomentosa*), березка (*Betula exilis*) и шикша (*Empetrum nigrum*). Осоки равномерно рассеяны. В сообществах ассоциации

выделяются три подъяруса: 1-й подъярус – разреженный (40 см), образован *Carex middendorffii*; 2-й подъярус (25–30 см), образован *Myrica tomentosa*, *Betula exilis*, *Ledum palustre*, *Carex livida*; 3-й подъярус (5 см): *Andromeda polifolia*, *Oxycoccus palustris* и *Drosera rotundifolia*. В моховом ярусе (80 %) преобладают: *Sphagnum compactum*, *S. warnstorffii*, *Aulacomnium palustre*, *Paludella squarrosa*, *Helodium blandowii*. Покрытие лишайников составляет 2 %.

#### Луговая растительность

Кустарниково-разнотравные луга (аласы)

Асс. **Разнотравно-сосюреево-гераниевая**, субасс. **кустарниковоая** – *Saussurieto-Geranium varioherbosum* subass. *fruticosum*. Сообщество ассоциации описано на надпойменной террасе р. Кроноцкая. Микрорельеф слабоволнистый. Мертвый покров слаборазложившийся – очес злаков и трав (1 %). Кустарниковый ярус (сомкнутость 0,7) образован *Rosa amblyotis* (40 %) и *Lonicera caerulea* (30 %). Общее покрытие травяного яруса 40 %. Аспектируют *Senecio cannabifolius*, *Chamerion angustifolium*, *Thalictrum minus* и *Saussurea pseudo-tilesii*; местами обильны злаки и аконит. В травяном ярусе выделяются 3 подъяруса: 1-й подъярус (100–150 см) – *Senecio cannabifolius*, *Chamerion angustifolium*, *Heracleum lanatum*, *Aruncus dioicus*, *Veratrum oxysepalum*, *Aconitum fischeri*, *Pleurospermum uralense*, злаки и др; 2-й подъярус (50 см) – *Geranium erianthum*, *Saussurea pseudo-tilesii*, *Artemisia opulenta*, *Thalictrum minus*, *Galium boreale*, *Lathyrus japonicus* и хвощи; 3-й подъярус (15 см) – *Maianthemum dilatatum*, *Trientalis europeae* ssp. *arctica* и *Rubus arcticus*. Мохово-лишайниковый ярус не выражен. Сообщество является производным и представляет собой поляну на месте распавшегося каменноберезового леса.

#### Заключение

Таким образом, заложенный нами мониторинговый геоботанический профиль является неотъемлемой частью комплексных исследований по наблюдению за восстановлением растительного покрова охраняемых экосистем после антропогенного воздействия, происшедшего в период изыскательской деятельности экспедиции Ленгидропроекта.

В ходе проведенного анализа растительности на мониторинговом профиле было выявлено 10 ассоциаций, из которых 4 принадлежат к лесной растительности, 3 – к стланиковой, 1 – к тундровой, 1 – к растительности болот и 1 – к луговой растительности. Выявлены виды с высокой константностью, которые являются индикаторами экологических

особенностей местообитаний. Так, например, для ассоциации кустарничково-шикшевой такими видами являются *Empetrum nigrum*, *Arctous alpina*, *Ledum palustre ssp decumbens*, *Vaccinium uliginosum*, *Betula exilis*, *Loiseleuria procumbens* и *Vaccinium vitis-idaea*. Отмечены адвентивные виды в сообществах ольхового стланика у бывшего поселка Снежный – *Euphrasia maximoviczii* и *Geum aleppicum*.

Составлена схема распределения растительности на геоботаническом профиле в зависимости от высоты над ур. м. и расстояния от Кроноцкого озера, что дает общее представление о растительном покрове района.

Результаты изучения растительного покрова на постоянных пробных площадях, заложенных на геоботаническом профиле «Кроноцкое озеро – Кроноцкий аэродром» являются начальным этапом мониторинга состояния растительного покрова антропогенно-нарушенной территории. В дальнейшем планируется регулярное проведение многолетних систематических исследований растительности на мониторинговом геоботаническом профиле с повторностью через каждые 5 лет. Следующий этап мониторинга запланирован на июль–август 2016 г.

### **Благодарности**

Авторы выражают глубокую благодарность за определение гербария к. б. н. В. В. Якубову (сосудистые растения), к. б. н. В. Н. Федосову (мхи), к. б. н. М. В. Дулину (печеночники), студентке Санкт-Петербургского государственного университета М. А. Матловой, принимавшей участие в полевых исследованиях, а также администрации Кроноцкого заповедника и инспектору Т. П. Егорову, оказавшему большую помощь в период проведения полевых работ. Работа поддержана РФФИ, проект № 11-04-00027-а.

### **Список литературы**

Ипатов, В. С. Методы описания фитоценоза / В. С. Ипатов. – СПб. : Изд-во Санкт-Петербургского ун-та. – 2000. – 55 с.

Науменко, А. Т. Кроноцкий заповедник / А. Т. Науменко, Е. Г. Лобков, А. П. Никаноров. – М. : Агропромиздат. – 1986. – 192 с.

Нешатаев, Ю. Н. Методы анализа геоботанических материалов / Ю. Н. Нешатаев. – Л. : Изд-во Ленинградского ун-та. – 1987. – 192 с.

Нешатаева, В. Ю. Растительность полуострова Камчатка / В. Ю. Нешатаева. – М. : Товарищество научных изданий КМК. – 2009. – 537 с.

Растительность Кроноцкого государственного заповедника (Восточная Камчатка) / под ред. Ю. Н. Нешатаева, В. Ю. Нешатаевой, А. Т. Науменко. – СПб, 1994. (Тр. БИН РАН. Вып. 16). – 230 с.

---

# ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УЗОН-ГЕЙЗЕРНОГО РАЙОНА

## КАК УСТРОЕНЫ ГЕЙЗЕРЫ И ПОЧЕМУ ИХ МНОГО В ДОЛИНЕ ГЕЙЗЕРОВ

*А. Б. Белоусов, М. Г. Белоусова*

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*

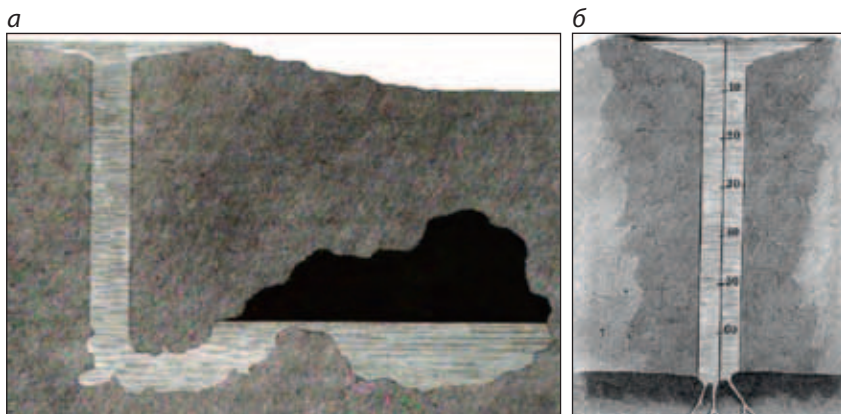
**Ключевые слова:** гейзер, гидротермальная система, оползень, Долина гейзеров, Камчатка, Кроноцкий заповедник

### **Введение**

Гейзеры – особый тип кипящих источников, характеризующихся квазипериодическими извержениями воды и пара, разделенными чётко выраженными периодами покоя. Классическая последовательность событий при извержении гейзера состоит из трёх фаз: медленного истечения воды из верхней части гейзерного канала (грифона) на дневную поверхность (фаза излива), бурного выброса воды с паром (фаза фонтанирования) и последующего выхода пара с постепенно уменьшающейся интенсивностью (фаза парения). Однако есть много гейзеров с извержениями, отличающимися от классической схемы: иногда нет чёткой фазы излива, фаза фонтанирования может быть очень слабой и/или короткой, у многих гейзеров полностью отсутствует фаза парения.

Обычные, кипящие постоянно, термальные источники встречаются во многих районах Земного шара, а гейзеры очень редки. Всего известно около 1000 гейзеров, и большинство их сконцентрировано в пределах трёх крупных гейзерных полей: Йеллоустоун в штате Вайоминг (США), Долина гейзеров на Камчатке (Россия) и Эль Татио в Альтиплано (Чили) (Bryan, 1995).

Для объяснения периодичности извержений гейзеров предложено несколько физических моделей (например, Allen and Day, 1935; Устинова, 1955; Iwasaki, 1962; Дрознин, 1982; Steinberg et al., 1982; Lu and Watson, 2005). Ключевой частью любой модели является используемое в ней строение питающей системы гейзера. Прямых полевых данных о строении питающих систем гейзеров крайне мало, и все существующие модели базируются на двух принципиально различных типах систем. Первый тип питающей системы, предложенный Г. С. Маккензи (1811), включает в себя большую подземную полость, соединенную с земной поверхностью сильно изогнутым каналом в форме перевернутого сифона (рис. 1а). Полость имеет непроницаемый свод и работает как «ловушка для пузырей» пара, поднимающихся с водой снизу, из более глубоких частей гидротермальной системы. В полости происходит сепарация и накопление пара, который постепенно вытесняет заполняющую её воду в сифон и ведущий к поверхности вертикальный канал. Накапливающийся под давлением пар периодически прорывается наружу (извергается) через заполненный водой сифон.



**Рис. 1.** Два основных типа подводящих систем гейзерных моделей:  
а – «ловушка для пузырей», предложенная Маккензи (Mackenzie, 1811);  
б – «длинный вертикальный канал», предложенная Бунсеном  
(Bunsen, 1847; рисунок приводится по Muller, 1875)

Серьёзным недостатком питающей системы Маккензи считается её сложная морфология. До настоящего времени не было геологического

объяснения тому, как может образоваться в одном месте на небольшой территории, как, например, в Долине гейзеров так много каналов с необходимой, сложно изогнутой конфигурацией. Поэтому питающая система Маккензи оказалась практически забытой и в современных моделях гейзеров используется очень редко (Нечаев, 2012; Belousov et al., 2013).

Второй тип питающей системы предложен Р. В. Бунсеном (1847). Он предположил, что кипящий источник, имеющий простой вертикальный канал (рис. 16), при определённых условиях может давать периодические извержения. Для этого канал должен быть узким и длинным, чтобы заполняющая его вода достигала перегретого состояния: высокое гидростатическое давление в нижней части канала препятствует кипению, а малый диаметр канала замедляет конвективное перемешивание. В момент, когда в перегретой воде появляются первые пузырьки пара, вытесненная ими вода сливается из верхней части канала, приводя к падению гидростатического давления и взрывоподобному вскипанию. Такие каналы могут легко образовываться вдоль вертикальных трещин, которые широко распространены в горных породах практически любого типа. Кроме того, некоторые геотермальные буровые скважины (имеющие форму вертикальных каналов), при определённых условиях, демонстрируют периодический, гейзероподобный выброс воды и пара. До наших работ в мире была проведена единственная видеосъёмка в канале гейзера (Hutchinson et al., 1997). Исследовалась самая верхняя, освобождающаяся от воды при извержениях часть канала гейзера Старый Служака, Йеллоустоун. Съёмка показала, что эта часть канала имеет вид вертикальной трещины. Все это привело к тому, что питающая система Бунсена стала практически единственной используемой в современных гейзерных моделях (например, Steinberg et al., 1982; Штейнберг и др., 1984; Ingebritsen and Rojstaczer, 1993; Сугробов и др., 2009; Wang and Manga, 2009).

### **Материалы и методы исследований**

Целью нашей работы было выяснение строения питающих систем гейзеров Долины (Кроноцкий заповедник) и определение геологических условий формирования гейзерных полей. Для изучения питающих систем гейзеров была сконструирована специальная герметичная термостатированная видеокамера. Видеосигнал от видеокамеры передавался по кабелю, наблюдался в реальном времени через монитор и одновременно записывался в цифровом формате. Камера опускалась в каналы гейзеров на кабеле или гибком шесте. Видеосъёмка внутри



каналов производилась как в периоды покоя, так и в течение всех фаз извержений гейзеров. Были исследованы каналы двух самых крупных гейзеров Долины: Великан и Большой. Дополнительно изучены Ванна и Коварный – маленькие гейзеры с нерегулярными режимами работы. Получено более 10 часов видеозаписи. Отдельные фрагменты съёмки можно посмотреть в [www.geosociety.org/pubs/ft2013.htm](http://www.geosociety.org/pubs/ft2013.htm).

Также было проведено детальное изучение геологического строения отложений, в которых проработаны каналы современных гейзеров, и изучено строение каналов древних гейзеров, обнажённых в бортах каньона р. Гейзерная.

### **Результаты и их обсуждение**

#### *Видеонаблюдения в каналах гейзеров*

Несмотря на значительные различия в размерах и режимах извержений изученных гейзеров, оказалось, что они имеют сходное строение питающих каналов (рис. 2). Каждый гейзер имеет верхний вертикальный канал глубиной от 1 до 10 м, имеющий, в первом приближении, овальное поперечное сечение диаметром 0,4–2 м. На дне вертикального канала лежат округлые валуны, покрытые гейзеритом. В придонной части вертикальный канал соединен с относительно узким горизонтальным каналом длиной больше 0,5–2 м, имеющим поперечное сечение неправильной формы размером 0,3–1 м (дальние части горизонтальных каналов не просматривались). Таким образом, выполненная нами видеосъёмка показала, что каналы гейзеров Долины не являются простыми длинными вертикальными трубами или трещинами; на глубине несколько метров все они становятся горизонтальными.

Гидродинамические процессы, происходящие внутри каналов, также сходны у всех изученных гейзеров. После извержения начинается заполнение вертикального канала водой, поступающей из горизонтального канала. Это соответствует периоду покоя гейзера. Верхний канал постепенно заполняется до верхней кромки и начинается излив. В середине-конце фазы излива вдоль свода горизонтальных каналов начинают появляться небольшие пакеты пузырей пара (поднимающихся из более глубоких частей питающей системы). Когда они встречаются с более холодной водой вертикального канала, происходит быстрая конденсация пара и пузыри схлопываются. Эти начальные вбросы пара постепенно (15 мин, 1 мин и 0,5 мин для Большого, Ванны и Коварного, соответственно; у Великана этот процесс не удалось наблюдать) увеличивают

температуру воды в вертикальном канале до величины, когда схлопывание пузырей прекращается. В этот момент один из крупных «пакетов» пузырей пара прорывается в вертикальный канал, где, поднимаясь вверх, взрывоподобно расширяется и выбрасывает заполняющую канал воду в атмосферу – это соответствует фазе фонтанирования. Видеонаблюдения продемонстрировали, что кипения воды на дне вертикальных каналов не происходит ни на какой стадии извержений. Измерения с помощью термолоттера показали, что на дне вертикальных каналов гейзеров Великан и Большой температура воды растёт по мере приближения к началу фазы фонтанирования, однако она никогда не достигает точки кипения, соответствующей имеющемуся там гидростатическому давлению.



**Рис. 2.** Схема строения каналов гейзеров Долины по данным видеосъемки. Валуны показаны черным цветом, горизонтальные каналы – стрелками, уровень воды после извержения – пунктиром. Значок камеры показывает положение камеры в момент съемки клипов, которые можно посмотреть на [www.geosociety.org/pubs/ft2013.htm](http://www.geosociety.org/pubs/ft2013.htm)

Во время фазы фонтанирования вертикальные каналы гейзеров Великан и Большой опустошаются на 80–90 %, и потом, на фазе парения, пар вырывается из горизонтальных каналов через небольшой слой воды, оставшейся на дне вертикальных каналов. Фаза фонтанирования гейзеров Ванна и Коварный – очень короткая, при этом выбрасывается менее 5–10 % воды, находящейся в вертикальном канале. У извержений этих гейзеров нет фазы парения.

Суммируя вышеописанное, можно заключить, что мы наблюдали периодическую разгрузку крупных «пакетов» паровых пузырей через сильно изогнутые, заполненные водой каналы. Этот процесс характерен для гейзерных моделей, использующих питающую систему с «ловушкой для пузырей», предложенную Маккензи.

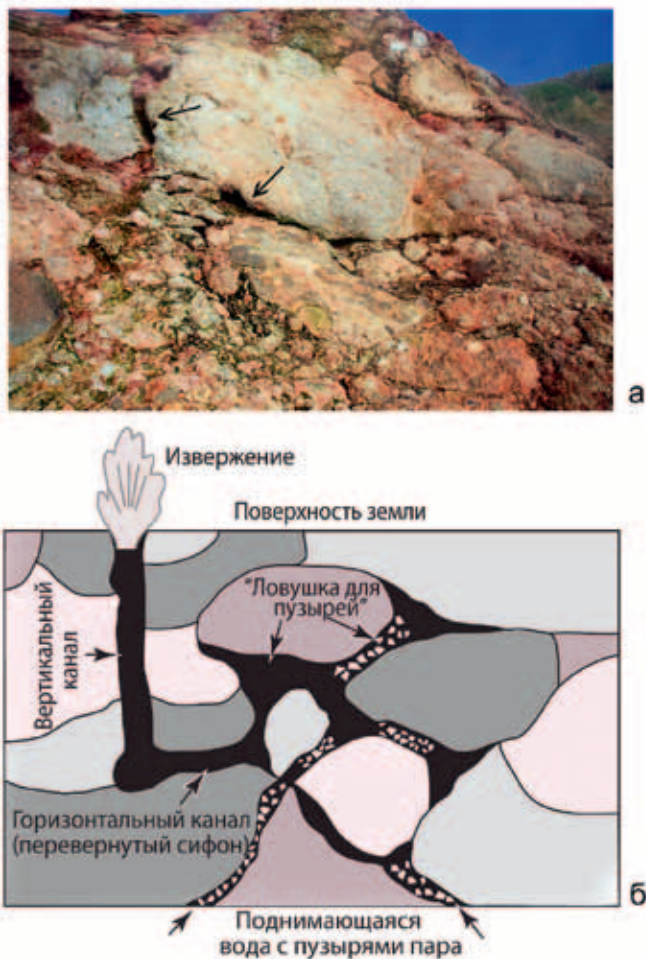
#### *Геология вмещающих пород и питающие системы древних гейзеров*

Каналы современных гейзеров проработаны в отложениях нескольких крупных оползней голоценового возраста, которые сошли с крутого склона левого борта р. Гейзерная. Оползни перемещали плейстоценовые отложения кальдерного озера, представленные слоистыми, слабо сцементированными пемзовыми туфами кислого состава (Леонов и др., 1991; Сугробов и др., 2009). Отложения оползней сложены линзами туфа (блоками) поперечником до 5 м (рис. 3а). Внутри линз туф сильно перемят и раздроблен (до гравийно-песчаной размерности). Сразу после отложения этот материал был рыхлым (аналогичен отложениям оползня 2007 г.), но позднее был вторично слабосцементирован или превращён в глину действием термальных вод.

В отложениях древних обвалов эрозией обнажена сложная система выложенных гейзеритом палеоканалов и камер древних гейзеров (рис. 3а). Некоторые каналы и камеры являются открытыми пустотами, а некоторые выполнены грубым гравием. Они образованы постепенным выносом рыхлого мелкообломочного материала оползней восходящим потоком термальной воды, которая прокладывала себе путь между оползневыми блоками, имеющими различную проницаемость. Извилистые контакты между соседними блоками приводили к образованию сильно изогнутых каналов. Во многих случаях каналы имели форму колена типа «ловушки для пузырей» Маккензи.

### **Результаты и их обсуждение**

Выполненные нами видеонаблюдения чётко показали, что все четыре изученных гейзера имеют не прямые вертикальные, а сильно изогнутые



**Рис. 3.** а – разрез отложений оползня плейстоценового возраста с каналами древних гейзеров; левый борт р. Гейзерная, над Витражом. Стрелками показаны самые крупные каналы, сформированные вдоль контактов оползневых блоков.

Самый крупный блок имеет поперечный размер 5 м; б – схема строения питающей системы гейзеров в Долине. «Ловушка для пузырей» может быть не только открытой полостью, но и некоторым объёмом, выполненным крупным гравием. Отложения оползневых блоков показаны разными оттенками серого цвета

каналы. Наличие крутых изгибов является необходимым условием для того, чтобы пузыри пара могли сепарироваться от восходящего потока термальной воды и накапливаться в тех местах, где свод каналов и камер имеет обратный уклон.

Оборудование, которое мы использовали, не позволяло нам проникнуть глубоко в горизонтальные каналы и непосредственно увидеть пустоты, заполненные паром под давлением. Однако изучение вскрытых эрозией каналов древних гейзеров продемонстрировало, что они часто имеют коленоподобные изгибы с обратным уклоном типа «паровых ловушек». Суммируя наблюдения каналов современных и древних гейзеров, мы можем сделать вывод, что гейзеры Долины имеют подводящие системы типа «ловушки для пузырей», предложенной Маккензи (рис. 3б).

Наши наблюдения показали, что первые пузыри пара начинают проникать в нижние части вертикальных каналов задолго до начала фазы фонтанирования. Это является доказательством активного кипения воды в более глубокой части питающей системы. Следовательно, начало фонтанирования не является результатом быстрого, внезапного вскипания перегретой воды, как описывается в моделях, использующих питающую систему Бунсена «длинный вертикальный канал». Мы считаем, что проникновение первых пузырей пара в верхний вертикальный канал начинается в момент, когда «ловушка для пузырей» полностью заполняется паром. Однако фонтанирование не начинается в этот момент, так как пар, попадая в более холодную воду, заполняющую вертикальный канал, моментально конденсируется и пузыри схлопываются. Эти первые вбросы пара сначала должны прогреть воду в вертикальном канале до температуры, когда конденсация сильно замедляется и пузыри перестают схлопываться. Только после этого пар, находящийся под давлением в «ловушке для пузырей», может прорваться через заполненный водой вертикальный канал. В этот момент начинается фаза фонтанирования. Таким образом, наблюдаемые нами гидродинамические процессы получают простое объяснение в рамках модели, использующей подводящую систему типа «ловушка для пузырей», предложенную Маккензи. Физические принципы работы гейзеров с такой подводящей системой приведены в работах Нечаев, 2012; Belousov et al., 2013.

В долине р. Гейзерная, гейзеры образовались только в местах, где нагрузка термальной воды происходит через толщу отложений оползней.

За пределами области распространения оползней расположены только постоянно кипящие источники и фумаролы. Мы считаем, что хаотическая внутренняя структура отложений оползней, сложенных из линз пород с разной проницаемостью, создавала условия для формирования сильно искривлённых путей поднимающихся термальных вод. Со временем вдоль этих путей произошло вымывание мелкообломочного материала и образовались многочисленные каналы и полости (некоторые просто пустотелые, а некоторые выполненные крупным гравием, который остался после выноса тонкой фракции). Многие из этих каналов оказались настолько сильно изогнутыми, что стали работать как «ловушки для пузырей». Это объясняет образование такого большого количества гейзеров в Долине.

Одиночные гейзеры, разбросанные в разных районах Земли, могут образовываться при случайном совпадении нескольких благоприятных факторов и, по-видимому, могут иметь разные типы конфигураций питающих систем и действовать в соответствии с принципами любой из имеющихся гейзерных моделей. Но почему большинство имеющихся на Земле гейзеров сконцентрировано в трёх крупных гейзерных полях? В чём заключается уникальность этих мест? Мы считаем, что в этих районах, в дополнение к необходимым гидротермальным условиям, имеются специфические геологические отложения и/или структуры, благоприятствующие формированию многочисленных сложно изогнутых подземных каналов и полостей. В Долине гейзеров это отложения оползней. В Йеллоустоуне и Эль Татио эту роль могут играть ледниковые морены, покрывающие гейзерные поля (Allen and Day, 1935; Fenner, 1936; Fernandez-Turiel et al., 2003). Морены, как и отложения оползней, являются рыхлыми обломочными отложениями с хаотической, гетерогенной структурой. Таким образом, все 3 крупнейших гейзерных поля Земли имеют сходное геологическое строение верхних частей разреза. Наш основной вывод состоит в том, что для образования гейзерного поля необходимо сочетание гидротермальной разгрузки с особыми геологическими условиями, способствующими образованию изогнутых каналов и паровых ловушек. Такое сочетание встречается редко, что объясняет немногочисленность крупных гейзерных полей на Земле.

### **Литература**

*Дрознин, В. А.* К теории действия гейзеров / В. А. Дрознин // Вулканология и сейсмология. – 1982. – № 5. – С. 49–60.

Леонов, В. Л. Кальдера Узон и Долина Гейзеров / В. Л. Леонов, Е. Н. Гриб, Г. А. Карпов и др. // Активные вулканы Камчатки. – М. : Наука. – 1991. – Т. 2. – С. 94–141.

Нечаев, А. М. О механизме извержения гейзера / А. М. Нечаев // Тр. Кронцогого гос. природ. биосферн. зап-ка. – Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2012. – Вып. 2. – С. 135–143.

Сугробов, В. М. Жемчужина Камчатки – Долина гейзеров / В. М. Сугробов, Н. Г. Сугрובה, В. А. Дроздин и др. – Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2009. – 158 с.

Устинова, Т. И. Гейзеры Камчатки / Т. И. Устинова. – М. : География, 1955. – 120 с.

Штейнберг, Г. С. Гейзеры / Г. С. Штейнберг, А. С. Штейнберг, А. Г. Мержанов // Природа. – 1984. – № 4. – С. 32–47.

Allen, E. T. Hot Springs of the Yellowstone National Park / E. T. Allen, A. L. Day // Carnegie Institute of Washington Publication. – 1935. – V. 466. – 525 с.

Belousov, A. Video observations inside conduits of erupting geysers in Kamchatka, Russia, and their geological framework: Implications for the geyser mechanism / A. Belousov, M. Belousova, A. Nechayev // Geology. – 2013. – V. 41. – N 4. – С. 387–390.

Bryan, T. S. The geysers of Yellowstone / Bryan, T. S. // Boulder : University Press of Colorado. – 1995. – 480 с.

Bunsen, R. W. Physikalische Beobachtungen uber die hauptsachlichsten Geysir Islands / R. W. Bunsen // Annalen der Physik und Chemie. – 1847. – V. 83. – С. 159–170.

Fenner, C. Bore-hole investigations in Yellowstone Park / C. Fenner // Journal of Geology. – 1936. – V. 44. – С. 225–315.

Fernandez-Turiel, J. L. The hot spring and geyser sinters of El Tatio, northern Chile / J. L. Fernandez-Turiel, M. Garcia-Valles, D. Gimeno-Torrente, et al. // Environmental Geochemistry and Health. – 2003. – V. 25. – С. 453–474.

Hutchinson, R. A. In situ observations of Old Faithful Geyser / R. A. Hutchinson, J. A. Westphal, S. W. Kieffer // Geology. – 1997. – V. 25. – С. 875–878.

Ingebritsen, S. E. Controls on geyser periodicity / S. E. Ingebritsen, S. A. Rojstaczer // Science. – 1993. – V. 262. – С. 889–892.

Lu, X. A review of progress in understanding of geysers / X. Lu, A. Watson // Proceedings of World Geothermal Congress. – 2005. – С. 1–6.

Mackenzie, G. S. Travels in the Island of Iceland / G. S. Mackenzie. – Edinburgh : Allam and Company, 1811. – 27 с.

Steinberg, G. S. Geyser process: Its theory, modeling and field experiment / G. S. Steinberg, A. G. Merzhanov, A. S. Steinberg // Modern Geology. – 1982. – V. 8. – С. 67–86.

Wang, C. Y. Geysers / C. Y. Wang, M. Manga // Earthquakes and water. – Berlin : Springer-Verlag. – 2009. – С. 117–123.

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОСАЖДЕНИЯ ГЛИНОЗЕМИСТЫХ ОСАДКОВ НА ТЕРМАЛЬНЫХ ПОЛЯХ РАЙОНА РУЧЬЯ КИСЛОГО (КИХПИНЫЧСКИЙ ДОЛГОЖИВУЩИЙ ВУЛКАНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР, КРОНОЦКИЙ ЗАПОВЕДНИК, КАМЧАТКА)

*О. Ф. Карданова, Г. А. Карпов*  
*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН*  
*e-mail: kof@kscnet.ru*

**Ключевые слова:** боксит, глиноземистые осадки, термальные поля

### **Введение**

В течение ряда лет на территории Кроноцкого заповедника в районе вулкана Старый Кихпинич проводились исследования минерального состава и условий осаждения хемогенных осадков источников, а также изучение минеральных глин котлов. В районе Кихпиничского долгоживущего вулканического центра (КДВЦ), выделенного В. И. Белоусовым (Белоусов, 1978), находится несколько разнородных и разновозрастных сооружений.

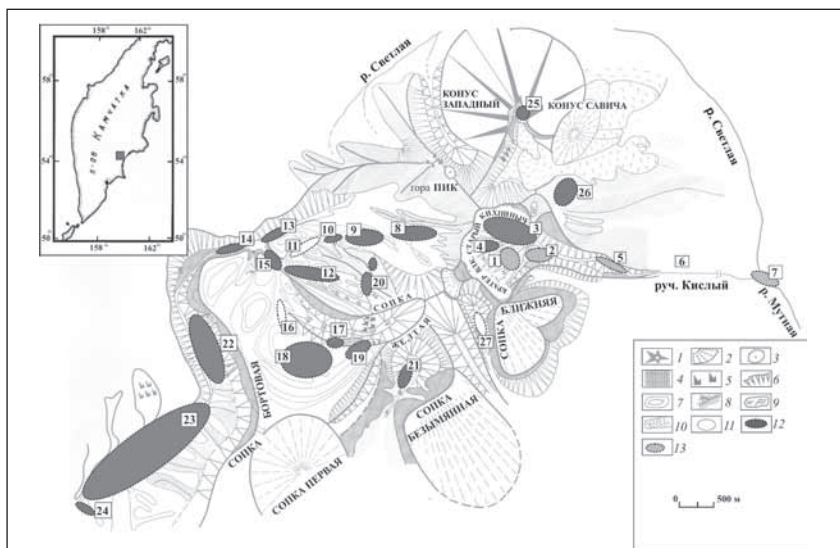
Вулкан Старый Кихпинич (СК) образовался до этапа мощных игнибриитообразующих извержений и кальдерообразования в Восточной вулканической зоне, произошедших 23–40 тысяч лет назад (Брайцева и др., 1985; 1991). Он сложен высокоглиноземистыми низкокалиевыми толеитовыми базальтами и их туфами, которые сильно изменены гидротермальными процессами. Для двух голоценовых базальтовых конусов, имеющих общее название – Молодой Кихпинич, так же, как и для расположенного южнее дацитового вулкана Сопка Желтая, имеющего позднплейстоценовый возраст, постройка вулкана СК служит основанием.

В кратере вулкана СК было обнаружено большое разнообразие современных хемогенных осадков: глиноземистые, железистые, серные, кремнистые, марганцовистые и карбонатные осадки (Карданова, 1983). Наибольший интерес представляют глиноземистые осадки (ГО), так как они имеют химический состав бокситов. В статье авторов (Карданова, Карпов, 2000) были исследованы условия образования ГО и типы их парагенетических ассоциаций на термальных полях по руч. Кислый и в истоках р. Мутная (зона смешения водотоков р. Светлая и руч. Кислый).



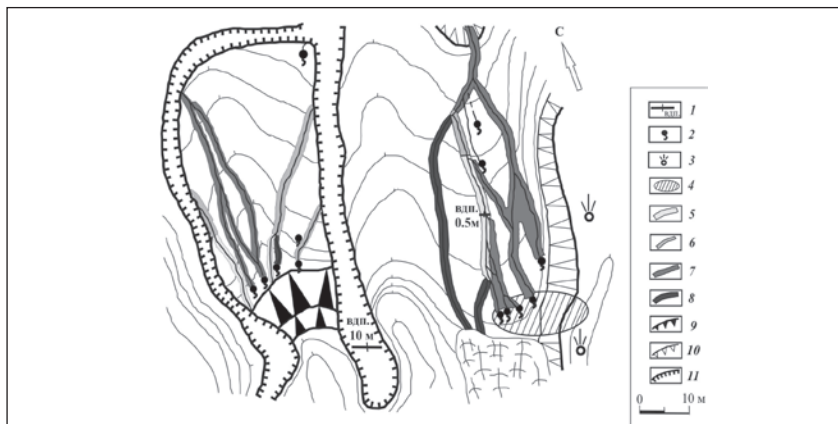
### Материалы и методы исследований

В настоящей работе нами рассматриваются некоторые особенности осаждения глиноземистых осадков, хорошо проявившиеся на термальных полях в районе руч. Кислый. Наши исследования охватили район термальных полей (ТП), приуроченных к истоку и руслу руч. Кислый (ТП 1, 2, 5) и истоку р. Мутная (ТП 7), где наиболее отчетливо проявились процессы современного образования протобокситового вещества (рис. 1).

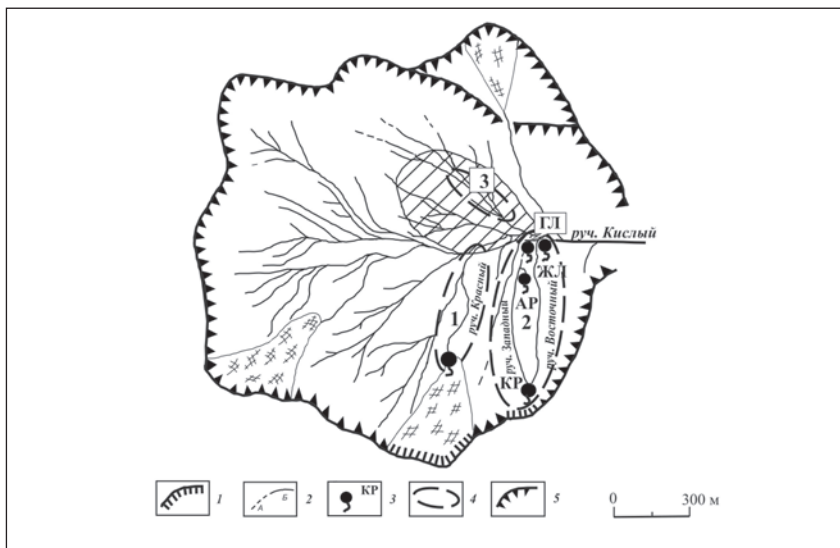


**Рис. 1.** Схема расположения вулканов, характерных элементов рельефа и термальных полей КДВЦ: 1 – лавовые конусы; 2 – лаво-пирокластические конусы; 3 – вершины; 4 – отвесные склоны; 5 – отдельные скалы; 6 – крутые склоны; 7 – горизонтали; 8 – водоразделы; 9 – снежники; 10 – лавовые потоки; 11 – поля с холодными источниками; 12 – термальные поля; 13 – поля с глиноземистыми осадками. Термальные поля: 1 – Южное (СК); 2 – Восточное (СК); 3 – Северное (СК); 4 – Западное (СК); 5 – «Щеки», восточный склон СК, русло руч. Кислый; 6 – руч. Кислый; 7 – исток р. Мутная; 8 – Перевальное; 9 – Травертиновое; 10 – Телло; 11 – Серное; 12 – Каменный Карман; 13 – руч. Прозрачный; 14 – «Колорадо»; 15 – Долина Смерти; 16 – холодные источники Новые; 17 – горячий источник Новый; 18 – Южно-Кихпиничское; 19 – Вершинное; 20 – Северо-Кихпиничское; 21 – исток руч. Короткий Ключ; 22 – Верхне-Гейзерное; 23 – Долина гейзеров; 24 – руч. Второй; 25 – Конус Савича; 26 – Склоновое; 27 – источники в верховье руч. Извилистый

На рисунке 2 приведена схема **ТП 1** (1982 г.). На рисунке 3 показана схема расположения **ТП 1-3** в кратере вулкана СК (1982 г.). На рисунке 4 дана схема **ТП 2** (1981 г.). Как выглядел исток р. Мутная (**ТП 7**) в 1982 г., видно на рисунке 5а, в 1997 г. – на рисунке 5б. На всех этих полях (см. рис. 2–4) были обнаружены ГО, имеющие химический состав бокситов. На участке длиной ~ 200 м, ограниченном с двух сторон водопадами до 5 м высотой, расположено **ТП 5**. Ручей Кислый на этом поле пропилил себе русло в конгломерате, цементом в котором является чистейший галлуазит. Разбавленные Cl-Na термальные воды мелких источников, которых более 20, выходили на поверхность среди цемента и выносили кремний из галлуазита, оставляя на месте несиликатный глинозем. Для полного химического анализа не удалось отобрать достаточного количества ГО. Но на этом поле все опробованные глиноземистые осадки быстро дали очень четкую реакцию на несиликатный алюминий (метод Лизалек и др., 1975). Для легко растворимых форм Al (алюмогели, гидрокарбонаты, сульфаты) эта реакция характерна и протекает быстро. Под материалом обрушения, оползней и лахара к 1997 г. оказались погребенными **ТП 2** и **ТП 5**.



**Рис. 2.** Схематический план Южного термального поля (ТП 1, 1982 г.). Условные обозначения: 1 – водопад; 2 – источники; 3 – фумаролы; 4 – оплывина 1981 г.; 5–7 – осадки из нейтральных вод (5 – глиноземистые, 6 – Fe-Al; 7 – железистые); 8 – Fe осадки из кислых вод; 9 – материал оползня 1980 г.; 10 – крутые склоны гравки и оврага; 11 – отвесные склоны. Горизонталы проведены через 2 м

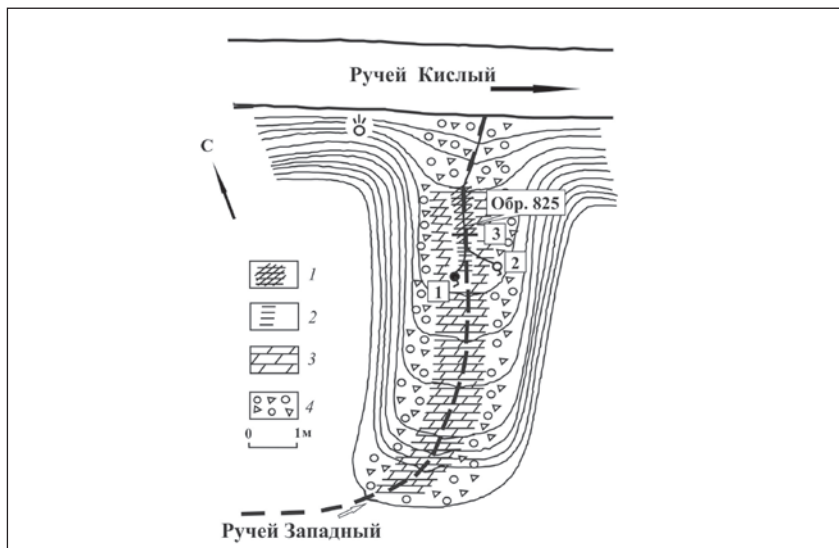


**Рис. 3.** Схематический план расположения источников и ТП 1–3 в кратере СК (1982 г.). Условные обозначения: 1 – отвесные склоны; 2 – водотоки: А – временные, Б – постоянные; 3 – источники (КР – Карбонатный, АР – Арагонитовый, ГЛ – Глиноземистый, ЖЛ – Железистый); 4 – контуры термальных полей (1 – Южное, 2 – Восточное, 3 – Северное); 5 – крутые склоны. Штриховка – материал обрушения 1982 г.

### Результаты и их обсуждение

В таблице 1 приведен химический состав глиноземистых осадков на **ТП 1-2** и **ТП 7**. По химическому составу наши ГО близки к бокситам Енисейского кряжа, Северного Урала и Средней Азии. Они отличаются тем, что в ГО вдвое больше  $H_2O$  и на порядок меньше –  $TiO_2$ . Парагенетические ассоциации ГО (табл. 2) соответствуют отдельным типам бокситовых пород (по классификации Бардошши, 1981).

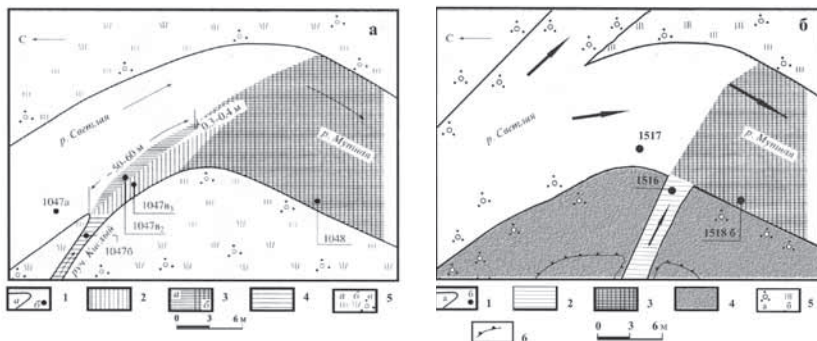
На **ТП 5** на галлузитовый цемент конгломерата воздействовали разбавленные Cl-Na термальные воды с высоким содержанием Ca и Mg. По геотермометрам Фурнье, Na/K/Ca, Na/K и K/Mg температура на глубине на этом поле составляет 120–165 °С (расчеты Ю. А. Тарана). Эти воды выносили кремний из галлузита, оставляя на месте несиликатный глинозем, что четко фиксировалось в поле (метод Лизалек и др., 1975).



**Рис. 4.** Схематический план источника Глиноземистый, Восточное термальное поле (ТП 2, 1981 г.). Условные обозначения: 1–3 – осадки (1 – глиноземистые, 2 – железистые, 3 – карбонатные); 4 – осыпь. Источники: 1 – субщелочной, 2 – кислый, 3 – зона смешения субщелочного и кислого источников

Образование ГО по руч. Кислый шло в результате следующих процессов. *Первый из них* – ступенчатое разбавление ультракислых вод «из-под снежника» щелочными водами источников, что хорошо видно на рисунке 2. В этом случае поставщиком Al (11 мг/л) является кислая вода, а Ca (до 557 мг/л) и Mg (112 мг/л) – вода термальных источников. На **ТП 1** в 1980–1982 и 1997 гг. наблюдалось ступенчатое разбавление кислой воды (рН 2,5–3) «из-под снежника» субщелочной водой (рН 7–8) термальных источников и шло образование ГО. Этот процесс наблюдался нами на протяжении 18 лет, несмотря на оплывины и оползни, перекрывавшие устья источников в отдельные годы. Отношение дебита кислого водотока к субщелочному было  $1 : > 5$ .

Состав продуктов химического осаждения зависит от соотношения мольных концентраций реагирующих веществ (Вассерман, 1980). При избытке ионов металла наряду с гидроокислами алюминия образуются основные соли, что и имело место на Южном поле. В 1980 г. источник



**Рис. 5.** Схематический план истока р. Мутная. Условные обозначения: а – 1982 г.: 1 – водотоки (а – береговая линия, б – точки опробования, их номера); 2–4 – хомогенные осадки (2 – Fe из субщелочных вод, 3а – Al, 3б – Fe-Al); 4 – Fe из кислых вод; 5 – растительность (а – травянистая, б – камыш, в – кустарники); б – 1997 г.: 1 – водотоки (а – береговая линия, б – точки опробования и их номера (см. табл. 1, табл. 2), 2 – руч. Кислый, 3 – р. Мутная, 4 – каолинистая глина, 5 – растительность (а – кустарник, б – травянистая), 6 – склон. Остальные условные обозначения см. рис. 1

с дебитом более 1 л/сек и pH ~ 8 (концентрация  $\text{OH}^-$  порядка  $10^{-6}$  г-ион/л) смешивался с кислым малодобитным ручьем «из-под снежника» с концентрацией  $\text{Al}^{3+}$  11 мг/л ( $0,41 \times 10^{-3}$  г-ион/л). Мольная концентрация  $\text{Al}^{3+}$  в данном случае на 3 порядка выше концентрации  $\text{OH}^-$ , содержание  $\text{SO}_4^{2-}$  велико, этим и объясняется присутствие алунита в осадке (таблица 2, обр. 729). В 1982 г. концентрация в воде  $\text{Al}^{3+}$  была  $7 \cdot 10^{-6}$  г-ион/л и  $\text{OH}^-$  –  $8 \cdot 10^{-6}$  г-ион/л. Концентрации ионов  $\text{Al}^{3+}$  и  $\text{OH}^-$  практически равны, благодаря чему в этих образцах (обр. 1023, 1023в, см. табл. 2) наибольшее количество алюмогеля, сульфат в осадке отсутствует.

Второй процесс – осаждение ГО из ультракислых растворов на карбонатном субстрате. На ТП 2 в зоне смешения кислой воды ручейка, вытекающего из-под осыпи на границе с карбонатным осадком руч. Западный (см. рис. 3), и небольшого субщелочного ист. Глиноземистый, шло образование ГО на карбонатном субстрате (см. рис. 4). Этот карбонат являлся донным осадком ручья Западного. Соотношение водотоков было ~ 1 : 1. Слоистые ГО состояли из алюмогеля, сидерогеля, каолинита, алунита. Когда субщелочная вода ист. Западный (длина которого >

200 м) достигала ист. Глиноземистый, алунист в осадке исчезал. Кальцит, на поверхности которого осаждались ГО, увеличивал «щелочной ресурс». В этом случае поставщиком Al также является кислая вода, а субщелочной источник и карбонатный осадок – Ca и Mg. В 1982 г. частично обрушилась северная стенка кратера вулкана СК и материал обрушения перекрыл ист. Глиноземистый (Карданова, Дубровская, 2005). К 1997 г. оползнем было уничтожено все поле, только на границе с обрывистой южной стенкой кратера из-под оползня выбивался ист. Карбонатный.

*Третий процесс* был реализован в 1982 г. на **ТП 7**, в зоне смешения кислых вод руч. Кислый (рН 2,68–2,86), выносящего Al, Ca и Mg, и субщелочных вод р. Светлая (рН > 7). Осаждение ГО шло на щелочном барьере, соотношение дебитов кислого и субщелочного водотоков – 1 : > 5. В зоне непосредственного контакта водотоков (см. рис. 5а) наблюдались турбулентные завихрения, вызванные значительными отличиями в составе воды, разностью температур (> 5 °С) и скоростей водотоков. На дне р. Мутная, непосредственно под зоной турбулентных завихрений, на глубине ~0,8 м шло осаждение белого ГО (см. табл. 1 и рис. 5а, обр. 1047в<sub>2</sub>). Зона прослеживалась на расстоянии 50–60 м, ее ширина была 0,3–0,4 м. В руч. Кислый скорость течения была 1 м/сек., в р. Светлой – заметно выше. Водотоки смешивались под углом ~ 30°. Поверхность непосредственного контакта водотоков была весьма большой. В зоне руч. Кислого, за узкой полосой ГО, шло бурное осаждение хлопьев железистого осадка (обр. 1047в<sub>3</sub>), состоящего из гетита, аморфного SiO<sub>2</sub> и алуниста. В 1997 г. скорость водотоков была заметно выше, они встречались под углом ~ 90°. Площадь контакта водотоков была небольшой, образования ГО не наблюдалось. В зонах повышенной аэрации и турбулентных завихрений р. Мутная (на выступающих из воды ветках, стволах кустарников и деревьев) осаждались осадки розового цвета с повышенным содержанием Al (см. рис. 5а-б, обр. 1048, обр. 1518б). Химический состав этих осадков следующий: SiO<sub>2</sub> – 17%; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 14 %; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 33 %; CO<sub>2</sub> – 1 %; H<sub>2</sub>O – 34 %; (CaO + MgO + Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O = 1 %). Их образование наблюдалось в 1982 и в 1997 гг.

*Четвертый процесс* был обнаружен на **ТП 5** (см. рис. 1) в каньоне «Щеки». Разбавленные Cl-Na термальные воды с высоким содержанием Ca и Mg выносили кремний из галлуазитового цемента конгломерата, на месте оставался несиликатный глинозем. На этом поле наблюдается процесс латеритизации, имеющий свою специфику. Под латеритизацией

понимается процесс преобразования алюмосиликатов нисходящими токами теплой дождевой воды в условиях хорошего дренажа (Бушинский, 1975). Как известно, влияние тропических температур на латеритизацию заключается в ускорении химического выветривания. Особенностью латеритизации на **ТП 5**, находящемся на восточном склоне вулкана СК, является вынос кремнезема из галлуазита восходящими токами теплой термальной воды источников. На месте остаются ГО.

При образовании протобокситов с участием ультракислых гидротерм основной проблемой является удаление из процесса кремнезема. Высокое содержание в воде ионов Са и Mg препятствует кристаллизации каолинита из аморфного вещества (Бардошши, 1981), обеспечивая вынос кремнезема и способствуя тем самым осаждению ГО.

Образованию ГО благоприятствуют следующие факторы. Вместо карбонатных толщ на **ТП 1** имеются карбонатизированные базальтовые туфы, возникшие в зоне вскипания термальных вод на южном склоне вулкана СК во время длительного перерыва в его деятельности (десятки тысяч лет). Источники, выходящие в зоне развития этих туфов, имеют субщелочной состав (**ТП 1**, **ТП 2**). Вместо влажного и сухого сезонов существуют летний и зимний сезоны. В первом случае открыты все термальные поля, идет таяние снежников, являющихся поставщиками кислой воды с Al, и в зоне смешения этой воды с субщелочной водой источников образуются ГО. В зимний сезон, когда термальные поля закрыты снегом и нет поступления кислой воды, идет образование гидроокислов железа, перекрывающих ГО. В 1981–1982 гг. удалось этот процесс отследить. Сольфатары являются поставщиком серной кислоты, которая, воздействуя на алюмосиликаты, разрушает их, освобождая глинозем. Аналогично действуют и грунтовые воды, взаимодействуя с сульфидами измененных под действием гидротерм пород. Высокое содержание в воде ионов  $Ca^{2+}$  (до 557 мг/л) и  $Mg^{2+}$  (до 112 мг/л) препятствует кристаллизации каолинита из осаждающихся на дне водотоков Al-Si аморфных гелей. Именно эти ионы способствуют удалению кремнезема из зоны образования ГО.

**Таблица 1.** Сравнение химического состава современных хемогенных глиноземистых осадков КДВЦ и бокситов Енисейского края, Северного Урала и Средней Азии (вес. %)

Компоненты	Глиноземистые осадки															Латеритные бокситы					Осадочные бокситы			
	Кратер вулкана Старый Кихпинич															Енисейский край					Северный Урал		Средняя Азия	
	Южное поле (ТП 1)															Лизалек и др., 1979					Новиков, 1978		Богатырев, 1980	
	1982 г.															1982 г.					1982 г.		1980	
	1	2	3	4	5	6	7	8	1981 г.	1982 г.	1982 г.	1982 г.	1982 г.	1982 г.	1982 г.	9	10	11	12	13	14	15	Северный Урал	Средняя Азия
	15016	1536	1538	1539	1023	1023в	825	1047в <sub>2</sub>	825	1023в	825	1047в <sub>2</sub>	1047в <sub>2</sub>	1047в <sub>2</sub>	1047в <sub>2</sub>	ЕК-1	ЕК-2	ЕК-3	СУ-1	СУ-2	СУ-3	СА-1	Северный Урал	Средняя Азия
SiO <sub>2</sub>	8,24	5,18	4,23	7,17	12,00	9,62	23,60	13,10	23,60	9,62	23,60	23,60	13,10	13,10	16,70	13,90	19,06	10,46	5,00	4,90	11,72	Северный Урал	Средняя Азия	
TiO <sub>2</sub>	0,08	0,10	0,18	0,15	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	н.о.	3,90	3,94	3,04	1,79	2,90	2,13	1,66	Новиков, 1978	Богатырев, 1980	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	<b>42,96</b>	<b>39,47</b>	<b>39,48</b>	<b>39,75</b>	<b>35,64</b>	<b>35,31</b>	<b>28,06</b>	<b>25,65</b>	<b>28,06</b>	<b>35,64</b>	<b>35,31</b>	<b>28,06</b>	<b>25,65</b>	<b>27,24</b>	<b>27,24</b>	<b>36,62</b>	<b>46,85</b>	<b>36,19</b>	<b>36,80</b>	<b>47,11</b>	<b>37,15</b>	Новиков, 1978	Богатырев, 1980	
FeO + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,86	7,78	9,83	6,72	7,24	9,12	10,00	24,28	10,00	9,12	9,12	10,00	24,28	24,28	35,38	28,70	8,60	21,77	29,95	25,14	25,14	Новиков, 1978	Богатырев, 1980	
CO <sub>2</sub>	5,28	13,20	4,40	3,52	1,58	2,20	н.о.	1,32	н.о.	2,20	н.о.	н.о.	1,32	1,32	13,76	16,80	21,74	9,35	3,50	21,06	12,70	Новиков, 1978	Богатырев, 1980	
H <sub>2</sub> O + H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	36,45	31,82	41,00	40,78	40,94	40,68	34,20	32,75	34,20	40,68	40,68	34,20	32,75	32,75	17,94	17,45	17,45	17,94	17,45	17,45	8,08	Новиков, 1978	Богатырев, 1980	
Прочие	3,37	1,97	1,39	2,29	2,73	2,54	4,31	3,02	4,31	2,54	2,54	4,31	3,02	3,02	0,70	0,10	0,70	1,38	3,86	0,37	3,27	Новиков, 1978	Богатырев, 1980	
Сумма	100,24	99,52	100,51	100,38	100,13	99,47	100,17	100,12	100,17	99,47	99,47	100,17	100,12	99,98	100,06	99,99	99,99	98,88	99,46	100,71	99,72	Новиков, 1978	Богатырев, 1980	

Примечание. **Прочие компоненты:** MnO + MgO + CaO + Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O + P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Глиноземистые осадки (по классификации Бардоши, 1981): 1–6 – боксит, 7 – глинистый боксит, 8 – Fe боксит. *Месторождения бокситов:* 9 – Восточное (Fe боксит), 10 – Митрофановское (Fe боксит), 11 – Сухое (боксит), 12 – Иштинское (боксит), 13 – Актюгайское (бобовый боксит), 14 – там же (бобово-обломочный), 15 – Янгюклякское (боксит). Аналитики: Т. Г. Осетрова (№ 1–4), Л. Г. Байцаева (№ 5–8). (Институт вулканологии ДВО РАН).



Таблица 2. Типы глинозёмистых осадков КДВЦ

Бокситовая порода по Бардошши (1981)	Тип	№ образцов	Соотношение компонентов в воде (с учетом полевых замеров $Fe^{2+}$ , $Fe^{3+}$ ), мг-экв.	Минералы, преобладающие в отдельных типах осадков КДВЦ
<b>Боксит</b> известковистый	<b>I</b>	1023 В	$SO_4 >> HCO_3 > Cl > F$  $Ca > Mg > Na > NH_4 > Fe^{3+} > Fe^{2+} > Mn > K > Al$	<b>алюмогель &gt; каолинит &gt; сидерогель</b> (скарброит, кальцит)
		1023		
		1501 Б		
<b>Боксит</b> железистый	<b>II</b>	1536	$SO_4 = HCO_3 > Cl > F$	<b>алюмогель &gt; сидерогель &gt; каолинит</b> (сидерит, дельвоксит)
		1538		
<b>Боксит</b> глинистый	<b>III</b>	1539	$Ca = Mg > Na = NH_4, Fe^{2+} > K > Fe^{3+}, Al$  $Ca >> Mg > Na > NH_4 > K$	<b>каолинит &gt; алюмогель &gt; сидерогель</b>
		1047 В <sub>2</sub>		
<b>Боксит</b> алунитсодержащий	<b>IV-A</b>	825	$SO_4 >> HCO_3 > Cl > F$  $Ca >> Mg > Na > NH_4 > K$	<b>алюмогель &gt; алунит &gt; каолинит &gt;</b> <b>&gt; сидерогель</b>
		802		
		729		
<b>Боксит</b> алунитсодержащий	<b>IV-B</b>	1029 Б	$SO_4 >> HCO_3 > Cl > F$  $Ca > Mg > Na > NH_4 > K > Al > Fe^{2+}, Fe^{3+}$	<b>алюмогель &gt; сидерогель</b> (каолинит, кальцит, гипс)
		1022		
<b>Руды</b> железные глинистые	<b>VI</b>	1028	$SO_4 >> HSO_4 > F > Cl$  $Ca > Mg > Na > H > Al > NH_4 > Fe^{3+} > K = Mn > Fe^{2+}$	<b>сидерогель &gt; каолинит &gt; алюмогель</b> (кальцит)
		1028		

Примечание. Основные минералы выделены жирным шрифтом, в скобках – минералы, содержание которых менее 10 %.

### **Список литературы:**

- Бардошши, Д.* Карстовые бокситы / Д. Бардошши. – М. : Мир. – 1981. – 454 с.
- Белоусов, В. И.* Геология гидротермальных полей в областях современного вулканизма / В. И. Белоусов. – М. : Наука. – 1978. – 137 с.
- Богатырев, Б. А.* Триас-юрские коры выветривания и бокситы юга Средней Азии и Кавказа / Б. А. Богатырев. – М. : Наука. – 1980. – 199 с.
- Брайцева, О. А.* История активности вулкана Кихпинич в голоцене / О. А. Брайцева, И. В. Флоренский, В. В. Пономарева и др. // Вулканология и сейсмология. – 1985. – № 6. – С. 3–19.
- Бушинский, Г. И.* О генетических типах бокситов / Г. И. Бушинский // Бокситы, их минералогия и генезис. – М. : Изд-во АН СССР, 1958. – С. 176–267.
- Вассерман, И. М.* Химическое осаждение из растворов. / И. М. Вассерман. – Л. : Химия. – 1980. – 207 с.
- Брайцева, О. А.* Вулкан Кихпинич / О. А. Брайцева, И. В. Флоренский, О. Н. Волюнец // Действующие вулканы Камчатки. – М. : Наука, 1991. – Т. 2. – С. 74–91.
- Новиков, В. М.* Размещение остаточных и полигенных латеритно-осадочных месторождений и проявлений бокситов южной оконечности Урала / В. М. Новиков // Закономерности размещения бокситовых месторождений СССР. – М. : Наука, 1978. – С. 54–80.
- Карданова, О. Ф.* Состав вод и хемогенные осадки в источниках ключа Кислый (вулкан Кихпинич, Камчатка) / О. Ф. Карданова // Вулканология и сейсмология. – 1983. – № 6. – С. 64–74.
- Карданова, О. Ф.* Условия образования и типы парагенетических ассоциаций глиноземистых осадков Кихпиничского долгоживущего вулканического центра (Камчатка) / О. Ф. Карданова, Г. А. Карпов // Вулканология и сейсмология. – 2000. – № 3. – С. 15–34.
- Карданова, О. Ф.* Морфологические изменения на термальных полях Кихпиничского долгоживущего вулканического центра / О. Ф. Карданова, И. К. Дубровская // Современный вулканизм и связанные с ним процессы : Мат. ежегодн. конф., посвящ. дню вулканолога. – Петропавловск-Камчатский. – 2005. – С. 59–69.
- Карданова, О. Ф.* Условия образования глиноземистых осадков в зоне смешения кислых и субщелочных водотоков в истоках реки Мутной (район вулкана Кихпинич) / О. Ф. Карданова, Л. А. Казьмин // Современный вулканизм и связанные с ним процессы : Мат. ежегодн. конф., посвящ. дню вулканолога. – Петропавловск-Камчатский. – 2007. – С. 213–227.
- Лизалек, П. А.* Енисейский кряж / П. А. Лизалек и др. // Коры выветривания Сибири : В 2-х кн. – М. : Недра., – 1979. – Кн. 2. – С. 158–197.
- Лизалек, П. А.* Качественное определение в породах алюминия, не связанного в алюмосиликаты / П. А. Лизалек, А. И. Мадарас / Проблемы генезиса бокситов – М. : Наука, 1975. – С. 288–291.

## ГЕОХИМИЯ ГИДРОТЕРМ И ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ КАЛЬДЕРЫ УЗОН (КРОНОЦКИЙ ЗАПОВЕДНИК)

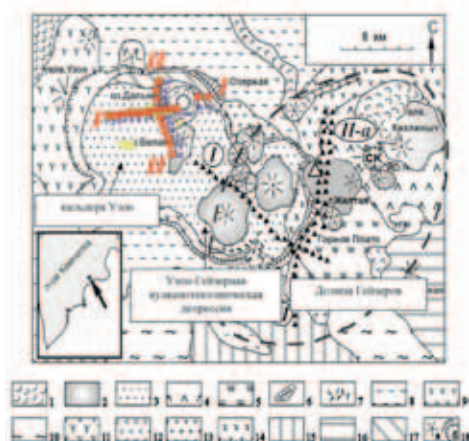
Г. А. Карпов, Ю. Ф. Мороз, А. Г. Николаева  
Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

Проведены режимные наблюдения за химическим составом гидротерм в кальдере Узон и выявлены некоторые особенности в их деятельности. Уточнены поверхностные проявления зон разгрузок флюидных потоков. Методом МТЗ по двум пересекающимся профилям изучено глубинное строение кальдеры Узон.

**Ключевые слова:** кальдера, гидротермы, флюидные потоки, глубинный разлом, магнитотеллурическое зондирование (МТЗ), глубинное строение

### Введение

Кальдера Узон является составной частью Узон-Гейзерной вулканотектонической депрессии, расположенной почти в центральной части Восточного вулканического пояса Камчатки (рис. 1). Она представляет собой кольцевую структуру, возникшую в плейстоценовом возрасте при обрушении кровли магматического очага после извержения больших объемов пемзы и ингимбритов.



**Рис. 1.** Схематическая геологическая карта района проведения микросейсмического профилирования по (Кугаенко и др., 2010) с нанесенными в пределах кальдеры Узон геофизическими профилями (I-I, II-II) и точками МТЗ 2012 г. (затемненные кружочки)

В кальдере локализована современная высокотемпературная гидротермальная система, проявляющаяся на поверхности выходами термальных источников, грязевых котлов и грязевых «микровулканчиков», горячих водных воронок, термальных озер и площадок прогретых пород (рис. 2). Большая часть водной массы озер и котлов образована при смешивании холодных поверхностных вод и конденсата пара. Возможность смешения вод, характеризующихся различным составом и температурой, является причиной разнообразия типов наблюдаемых на поверхности вод – от Cl-Na с минерализацией до 4–5 г/л и до  $\text{HCO}_3$ - $\text{SO}_4$ ,  $\text{SO}_4$ -Na. Некоторые озера и котлы служат также местом разгрузки горячих или перегретых Cl-Na подземных вод (Гидротермальные системы ... 1976).



**Рис. 2.** Вид на термопроявления в кальдере Узон

Первое систематическое описание термопроявлений было сделано Б. И. Пийпом в 1933 г., но наиболее полная характеристика дана позднее, в 1966–1976 гг., Г. Ф. Пилипенко, С. И. Набоко, Г. А. Карповым и др.

Близкими к кальдере Узон по комплексу природных процессов, связанных с вулканизмом, являются гидротермальные системы Йеллоустонского национального парка (США) и зоны Таупо (Новая Зеландия) (Карпов, 1988).

В настоящее время многими авторами представлены различные модели строения вулканогенных гидротермальных систем, но до сих пор не имеется геологически обоснованной модели флюидно-магматической рудообразующей системы, связанной с новейшими вулканическими и тектоническими процессами.

После схода катастрофической лавины в Долине гейзеров в 2007 г. стало ясно, что этот район испытывает явную тектоническую активизацию.

Признаки ее отмечены нашими работами и в кальдере Узон (Карпов и др., 2012).

При помощи геофизических методов предполагалось установить характер взаимосвязи современных гидротермальных проявлений в кальдере Узон со структурными элементами – разломами, блоками, экструзиями. В задачи исследований входило: выявление пространственной связи высокотемпературных выходов гидротерм с растворподводящими каналами, зонами трещиноватости, эруптивными центрами; определение границ развития зон гидротермально-измененных пород; установление глубинного строения кальдерной гидротермальной системы; гидрогеохимические исследования термальных источников и гейзера.

Таким образом, в 2009 г. с целью реконструкции глубинной структуры среды в районе Узон-Гейзерной вулcano-тектонической депрессии были впервые организованы геофизические исследования (микросейсмического зондирование) по трем профилям, пройденным вдоль и в крест простираня Гейзерной гидротермальной системы (рис. 1). По результатам этих работ построены глубинные разрезы земной коры до 30 км, выявлены предположительные области концентрации базальтовых расплавов на глубине, представлена модель внедрения магмы в верхние горизонты коры (Кугаенко и др., 2010).

К сожалению, на тот период времени по различным техническим причинам, кальдера Узон не была охвачена указанными выше видами геофизических исследований. Субширотный профиль (I-I) в 2009 г. был пройден всего лишь до юго-восточной оконечности г. Белая (рис. 1) и приостановлен по случаю поломки прибора. Лишь в 2012 г., в связи с появлением возможности проведения магнитотеллурического зондирования (МТЗ), было решено пройти в кальдере Узон два профиля в крест ее простираня.

Цель исследований заключалась в изучении глубинного строения кальдерной постройки. Попутно, вблизи профилей, намечалось провести режимные исследования физико-геохимических параметров термальных источников (изученных в прошлые годы) для уточнения распространения основных зон флюидных потоков.

### **Материалы и методы исследований**

*Отбор воды и свободных газов.* Режимный отбор водных проб за состоянием термальных источников осуществлялся параллельно с прохождением вблизи этих мест точек МТЗ.

Пробы воды отбирались в 0,5-литровые пластиковые бутылки путем зачерпывания из источников. Параллельно с отбором измерялся и ряд физико-химических параметров ( $T$  °C, pH, Eh) воды при помощи различных мобильных приборов. Полный химический анализ отобранных проб на макросостав выполнялся в Аналитическом центре ИВиС ДВО стандартными методами: потенциометрическими, объемными и колориметрическими.

Отбор газовых проб из гейзера производился непосредственно в стадию полного наполнения его канала водой. При этом использовалось два метода: 1) вытеснение подсолненной воды в стеклянную бутылку; 2) в барбатер с поглотителями по стандартной методике (Никитина и др., 1989). Для отбора проб свободных газов в кальдере из других источников применяли первый метод.

В период 2009–2012 гг. при помощи секундомера производился хронометраж деятельности новообразованного гейзера, расположенного на I участке Восточного термального поля с замерами физико-химических параметров до его извержения, в период и после. В работе (Карпов Г. А. и др., 2012) подробно описан режим его деятельности.

*Геофизические исследования.* Для изучения глубинного строения недр кальдеры проводилось МТЗ Земли по двум пересекающимся профилям. Применяется этот метод обычно при исследовании геологического строения земной коры на глубинах от первых десятков метров до первых десятков и даже сотен километров.

Основным изучаемым свойством среды при проведении МТЗ является ее электрическое сопротивление. МТЗ основано на изучении частотной характеристики геологического разреза от естественного источника электромагнитных колебаний. Такой источник находится в ионосфере и порождается грозовой активностью Земли и активностью Солнца (солнечный ветер). Глубина проникновения электромагнитного поля в среду зависит от частоты (чем ниже частота, тем глубже проникает поле) и от электрической проводимости самой среды. МТЗ применяют для изучения слоев и очагов пониженного сопротивления, предположительно разогретых, в земной коре и верхней мантии (Бердичевский, 1968).

Суть методики магнитотеллурического зондирования заключалась в пешем маршрутном исхаживании в пределах кальдеры Узон по двум профилям с геофизической аппаратурой «Феникс – MV-5» весом до 7 кг. В каждой исследуемой точке дневной поверхности изучались составляющие электрического и магнитного поля в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Процесс зондирования на местности осуществлялся с использованием естественного электрического поля, в диапазоне периодов от сотых долей сек до 1 сек. Для измерения электромагнитного поля использовались электрические диполи и магнитные датчики, которые присоединены к прибору «Феникс». Электрические диполи представляют собой измерительные линии, концы которых заземлены с помощью свинцовых электродов, погруженных в почву на глубине 0,1 м. Измерительные линии имеют длину 100 м. Регистрация осуществлялась с использованием двух измерительных линий, ориентированных в ортогональных направлениях. Магнитометры устанавливались на пунктах на землю или с помощью треног. Продолжительность наблюдений на пункте – 2–3 ч. Расстояние между пунктами наблюдений составляло 200–500 м. Для питания аппаратуры использовались аккумуляторы, которые требовали постоянной подзарядки на базовом пункте.

В методике измерений предусматривалось зарывание электрических и магнитных электродов в грунт на глубину 10 см с оставлением их для записи показаний от 5 до 18 ч в зависимости от поступающих сигналов естественного электромагнитного поля Земли.

По полученным данным вычисляются амплитуды вариаций магнитотеллурического поля в диапазоне частот от сотых долей секунды до нескольких минут и параметры  $\rho_r$ , соответствующие разным частотам. Затем строится кривая зависимости параметра  $\rho_r$  от периода колебаний  $\sqrt{T}$ , называемая кривой МТЗ. Количественная интерпретация производится путем сравнения полученных кривых с теоретически рассчитанными. В результате вычисляется глубина залегания опорного высокоомного горизонта (*Геологический словарь... 1978*).

С целью получения более детальной информации о строении приповерхностной зоны рудного поля I участка Восточного термального поля были выполнены на небольшом расстоянии друг от друга дополнительные 4 точки (№ 20–23) (рис. 3). Для отражения глубинной информации была получена также запись данных станцией у оз. Дальнее. Запись производилась за то же время, что и записи станции 4 выше указанных точек.

В процессе проведения геофизических работ имели место следующие помехи, по всей вероятности, по причинам: многократных взлетов и посадок вертолетов, хождения многочисленных туристических групп, разрывания проводов дикими животными (медведями). Для всех точек МТЗ определялись географические координаты.



Рис. 3. Вид на 1 участок Восточного термального поля в кальдере Узон

### Результаты и их обсуждение

Результаты режимных наблюдений за геохимией гейзера и гидротерм в кальдере Узон. Известно, что состав воды и свободных газов несет важную информацию о месте формирования и источнике питания водной массы.

В результате проведения анализа данных опробования в 2012 г. термальных источников, расположенных в пределах Восточного термального поля кальдеры, и сравнении их с данными предыдущих лет выявились некоторые изменения в их деятельности.

Прежде всего, в процессе наблюдения за деятельностью гейзера (рис. 4) была отмечена характерная особенность в изменении цвета воды с мутной (как в прошлые годы) на более прозрачную. Это говорит об интенсивности проработки канала гейзера напорных вод Cl-Na состава, поступающих с глубин кальдеры. Период покоя между извержениями гейзера по данным инспектора Кроноцкого заповедника (Е. С. Власова) и по нашим данным находится в пределах 2,2–2,3 ч. Для выяснения изменений в химическом составе воды гейзера в стадиях его деятельности отбирались водные пробы в период фонтанирования гейзера, до него и после (Карпов и др., 2012) и сравнивались с данными за 2012 г. (табл. 1).





**Рис. 4.** Вид на новообразованный гейзер в кальдере Узон

По итогам наших наблюдений можно сказать, что перед извержением гейзера всегда наблюдается интенсивный выброс пара на высоту ~ 20 м. Максимальная температура в канале гейзера перед выбросом пароводяной смеси может достигать свыше 100 °С, что свидетельствует о вскипании термального раствора в приповерхностной локальной зоне (Карпов и др., 2012). Химический состав воды гейзера за весь период наблюдений мало чем изменился, за исключением данных за 2006 г., когда на месте гейзера функционировал пульсирующий источник, вода которого по (Карпов и др., 2012) имела высокую общую минерализацию, низкий рН и более высокое содержание  $\text{SO}_4^{2-}$ , чем в нынешнем гейзере. Меньше было  $\text{HCO}_3^-$ -иона и  $\text{Mg}^{2+}$ , но отмечалось высокое содержание следующих компонентов: Na,  $\text{NH}_4^+$ , K, Cl и  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ .

В гейзерном режиме в воде гейзера наблюдается меньшее содержание  $\text{SO}_4^-$ -иона, но вместе с тем увеличилось содержание  $\text{HCO}_3^-$ -иона, а рН раствора превышает отметку 7. По остальным компонентам раствора наблюдаются лишь незначительные вариации в их содержаниях, очевидно связанные с потерей паровой фазы.

Химический состав воды новообразованного гейзера имеет существенно Cl-Na, но с небольшой долей  $\text{SO}_4$ . Это практически схоже

Таблица 1. Химический состав (мг/л) воды пульсирующего источника, бывшего на месте гейзера в 2006 г. и новообразованного гейзера в 2009–2012 гг.

Номер пробы	81	5549	5550	7010	7011	7012	7130	7129
Дата отбора	24.07.2006	17.07.2009	17.07.2009	16.09.2010	16.09.2010	16.09.2010	29.07.2012	29.07.2012
Период наблюдения	Пульсирующий источник	Самый низкий уровень воды в канале	Период извержения	До извержения	До извержения	Период извержения	До извержения	Период извержения
T °C	80,00	82,00	94,00	99,00	97,00	98,00	90,00	92,00
pH	5,15	5,85	6,90	7,44	7,08	7,14	7,60	7,36
Ен, Мв	-	-	-	-75,00	-70,00	110,00	-	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	80,00	3,00	1,20	3,80	3,80	3,80	15,00	18,80
Na <sup>+</sup>	859,00	1007,00	941,00	812,20	812,20	855,30	759,80	781,70
K <sup>+</sup>	71,50	60,90	62,27	51,60	48,10	53,30	50,80	46,90
Ca <sup>2+</sup>	44,90	50,00	48,10	41,10	41,10	42,10	54,10	56,10
Mg <sup>2+</sup>	0,20	1,20	2,40	1,20	1,20	1,20	10,90	17,00
Li <sup>+</sup>	-	4,86	4,77	-	-	-	-	-
Fe <sup>2+</sup>	< 0,30	< 0,30	< 0,30	-	-	-	0,00	0,00
Fe <sup>3+</sup>	< 0,30	0,09	0,16	-	-	-	0,00	0,00
Cl <sup>-</sup>	1365,20	1454,00	1418,00	1223,10	1223,10	1280,20	1255,00	1283,40
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	365,00	23050	230,50	182,50	182,50	201,70	134,50	192,10
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	6,10	68,30	56,10	68,30	67,10	68,30	61,00	53,70
F <sup>-</sup>	1,70	-	-	1,80	1,70	5,50	-	-
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	366,00	412,00	407,80	362,30	380,80	414,80	465,10	399,90
H <sub>4</sub> SiO <sub>4</sub> раств.	247,00	343,70	291,50	250,80	283,80	277,00	248,60	199,00
H <sub>4</sub> SiO <sub>4</sub> кол.	411,00	83,60	116,40	421,20	422,20	435,50	306,40	315,80
Минерализация	3742,00	3719,55	3587,40	3419,90	3467,60	3638,70	3361,30	3364,40
Формула Курлова	M <sub>1+2</sub> Cl <sub>1</sub> SO <sub>4</sub> 1 (Na + K) CaSO <sub>4</sub> (NH <sub>4</sub> ) <sub>1</sub>	M <sub>1+2</sub> SO <sub>4</sub> 1 (Na + K) CaSO <sub>4</sub> 1	M <sub>1+2</sub> SO <sub>4</sub> 1 (Na + K) CaSO <sub>4</sub> 1	M <sub>1+2</sub> SO <sub>4</sub> 1 (Na + K) CaSO <sub>4</sub> 1	M <sub>1+2</sub> SO <sub>4</sub> 1 (Na + K) CaSO <sub>4</sub> 1	M <sub>1+2</sub> SO <sub>4</sub> 1 (Na + K) CaSO <sub>4</sub> 1	M <sub>1+2</sub> SO <sub>4</sub> 1 (Na + K) CaSO <sub>4</sub> 1	M <sub>1+2</sub> SO <sub>4</sub> 1 (Na + K) CaSO <sub>4</sub> 1

с составом термальных источников, расположенных на Восточном термальном поле, что вместе с высоким градиентом температуры на термальных полях кальдеры может свидетельствовать о том, что резервуар гейзера находится на небольшой глубине. Минерализация его по в 1,5 раза выше общей минерализации воды гейзеров соседней гидротермальной системы – Долины гейзеров в соответствии с данными (Набоко, 1954; Устинова, 1955).

В 2010 г. по сравнению с предыдущим годом в растворе гейзерной воды во все стадии деятельности немного уменьшилось содержание катионов  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  и анионов  $\text{Cl}^-$  и  $\text{SO}_4^{2-}$ . Относительно 2012 г. можно отметить увеличение на фоне прежних лет содержаний таких элементов, как  $\text{Mg}^{2+}$  и В, а в сравнении с 2010 г. еще немного и  $\text{Cl}^-$ , что лишним раз подтверждает предположение о проработке канала гейзера напорными глубинными водами. Обращает на себя внимание и значительное содержание в растворе  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ , что подтверждает высокую минерализацию глубинных вод, вовлекаемых в гейзерный процесс. Можно сказать, что общая минерализация и формула Курлова за весь период наблюдений за деятельностью гейзера практически мало чем изменилась.

Следует упомянуть, что высокие содержания в воде гейзера глубинных компонентов ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Li}^+$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ), возможно, свидетельствуют о том, что при извержении на поверхность выбрасывается не чисто паровая фаза «барботируемая через собственный конденсат» (Дрознин, 2009), а минеральный раствор, вскипающий в незначительном объеме на определенной глубине.

Режимный отбор водных проб в точках постоянных наблюдений за состоянием источников, таких как Термофильный, Центральный, Нефтяной, Гейзер, Бурлящий, Нарзан, осуществлялся параллельно с прохождением вблизи них точек магнитотеллурического зондирования по профилям I-I и II-II (рис. 5). Пробы воды отбирались у южной кромки оз. Восьмерка и из руч. Веселый, Серный и Сапожок, протекающих в районе I участка Восточного термального поля. Химический состав режимных источников приведен в таблице 2. Наиболее минерализован ист. Центральный, имеющий Cl-Na состав воды. В других термальных источниках отмечается присутствие повышенных содержаний  $\text{SO}_4$  и  $\text{HCO}_3$ . Из опробованных нами ручьев наиболее минерализован руч. Сапожок, дренирующий водные котлы в юго-западной части I участка Восточного термального поля.

Параллельно с отбором водных проб в кальдере отбирались пробы свободных газов. В их составе преобладает  $\text{CO}_2$  газ (табл. 3). Помимо него присутствуют и другие газы:  $\text{SO}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CH}_4$  и его производные. Эти газы характерны для глубинных зон питания гидротермальной системы.







**Таблица 3.** Химический состав свободных газов (% об.), отобранных в кальдере Узон в 2012 г.

Дата анализа	19.07.2012	25.07.2012	25.07.2012	04.08.2012	29.07.2012	29.07.2012	24.05.2012
	7324	7326	7329	7331	7334	7335	7337
Газовый состав (% об.)	Место отбора						
	Оранжевое поле	ист. Термофильный	Гейзер	руч. Веселый	оз. Банное (купальня)	Нефтяная площадка	ист. Бурлящий
He	0,003						0,003
H <sub>2</sub>	3,018	0,154	0,681			3,87	0,021
O <sub>2</sub>	0,05	0,14	35065,00	0,14	0,05	0,12	0,13
Ar	0,04	0,034	0,206	0,041	0,136	0,030	0,060
N <sub>2</sub>	3,86	2,90	15,44	4,52	9,92	3,59	4,05
CO <sub>2</sub>	86,80	94,27	77,89	91,70	85,31	89,32	92,07
CO	0,004	0,003	0,009	0,009	0,009	0,000	0,000
H <sub>2</sub> S	1,10	0,82	0,29	1,21	0,60	1,13	0,20
CH <sub>4</sub>	3,6695421	0,4411368	2,4667335	0,8367126	2,8416035	1,1861326	1,6344834
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	0,000672					0,0000566	
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	0,0031464	0,0002606	0,0012416	0,0010974	0,0016738	0,0014581	0,0008666
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	0,0000314					0,0000783	0,0000261
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	0,0000831				0,0001962	0,0008963	0,0000970
iC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>						0,0001366	
nC <sub>4</sub> H <sub>10</sub>						0,0003549	
nC <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	0,0005003	0,0000517		0,0001227			
Сумма	98,55	98,76	98,94	98,46	98,87	99,25	98,17

Примечание: пустые клетки и отсутствующие столбцы газовых соединений соответствуют значениям, приведенным ниже; % об.: He < 0,0013; H<sub>2</sub> < 0,018; CO < 0,0085; H<sub>2</sub>S < 0,0086; C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> < 0,0000002; C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> < 0,00000033; C<sub>3</sub>H<sub>6</sub> < 0,00000003; C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> < 0,00000003; iC<sub>4</sub>H<sub>10</sub> < 0,00000002; nC<sub>4</sub>H<sub>10</sub> < 0,00000003; iC<sub>5</sub>H<sub>12</sub> < 0,00000004. Аналитик В. И. Гусева.

Об участии в питании высокотемпературных гидротерм кальдеры горячих флюидных растворов свидетельствует присутствие в их составе (помимо струй паров воды) спонтанных газов  $\text{CO}_2$ , He,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$  и повышенных содержаний таких элементов, как Cl, B,  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ . Кроме этого в их составе по (Карпов, 1988) наблюдается повышенное содержание ряда рудных элементов: As, Sb, Hg, Cu, Zn, Mn, Li, Rb, Cs и др. Данные флюиды, перемещающиеся снизу вверх по зонам дробления пород, выступают как элементы теплопереноса.

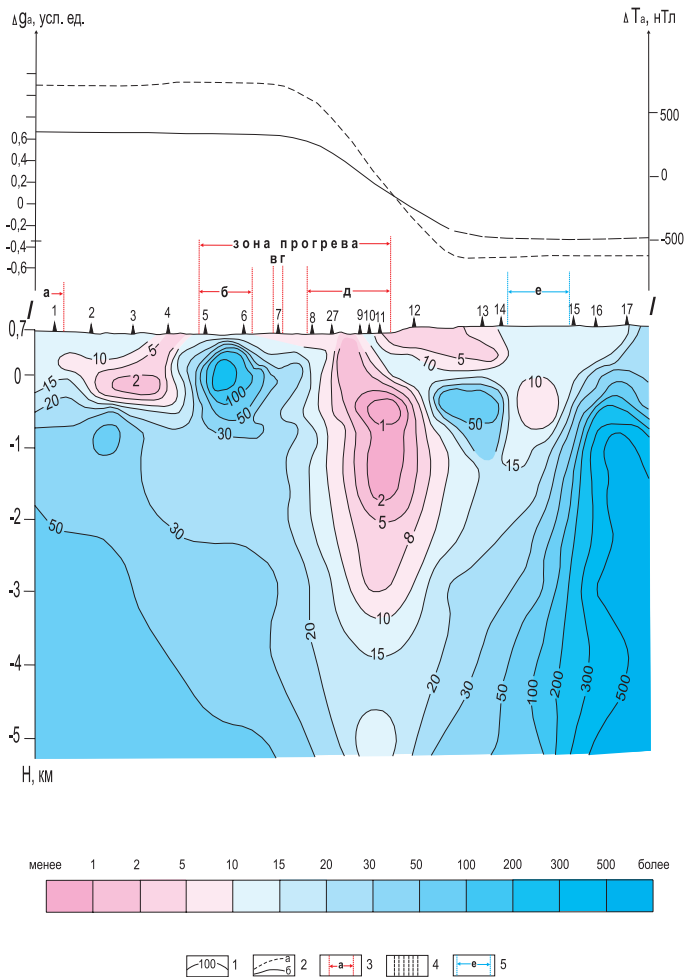
Формы их массопереноса различны и зависят в значительной степени от петрофизической неоднородности встречаемой на их пути среды. В трещиноватых зонах эффективным является перенос флюидов в виде водных и газовых эмульсий. Движущими силами при этом являются силы всплывания. С уменьшением пористости преобладающим становится их перемещение в форме газов и газовых растворов (Готтих, Писоцкий, 2012).

*Результаты геофизических исследований.* В итоге полевых работ в кальдере Узон было выполнено два профиля МТЗ (рис. 1). По ним в общей совокупности было поставлено 33 точки. Первый из профилей (I-I) проходит от Западного термального поля до оз. Дальнее, второй – (II-II) протягивается от Северного термального поля до истоков р. Шумная. По данным интерпретации кривых МТЗ получены геоэлектрические разрезы I-I (рис. 6) и II-II (рис. 7) глубинного строения кальдеры.

Глубинный геоэлектрический разрез кальдеры получен в результате инверсии кривых МТЗ и магнитного типпера с помощью программы численного двумерного моделирования REBOCC.

Удельное электрическое сопротивление пород, заполняющих дно кальдеры, меняется от первых десятков до первых единиц  $\text{Om} \cdot \text{м}$ . Низкие значения сопротивлений отмечаются в центральной части кальдеры в районе термальных полей. Минерализация гидротерм здесь достигает 4–5 г/л. При такой минерализации удельное электрическое сопротивление раствора около 1  $\text{Om} \cdot \text{м}$ . Можно полагать, что удельное электрическое сопротивление пород осадочного чехла в этой части кальдеры связано с насыщенностью пород минерализованными термальными растворами. Грубые оценки с помощью формулы Арчи свидетельствуют, что пористость пород здесь около 25 %. По направлению к краевым частям кальдеры минерализация насыщающих вод и пористость уменьшается. Поэтому удельное электрическое сопротивление вырастает до первых десятков  $\text{Om} \cdot \text{м}$ .





- 1 - изоомы.
- 2 - графики: а - аномальной силы тяжести, б - напряженности магнитного поля.
- 3 - поля: а - Западное термальное поле, б - термальное оз. Фумарольное, в - источник Строматолитовый, г - источник углекислый, д - Восточное термальное поле.
- 4 - зона разлома.
- 5 - оз. Дальнее.

Рис. 6. Геоэлектрический разрез по профилю I-I' в кальдере Узон

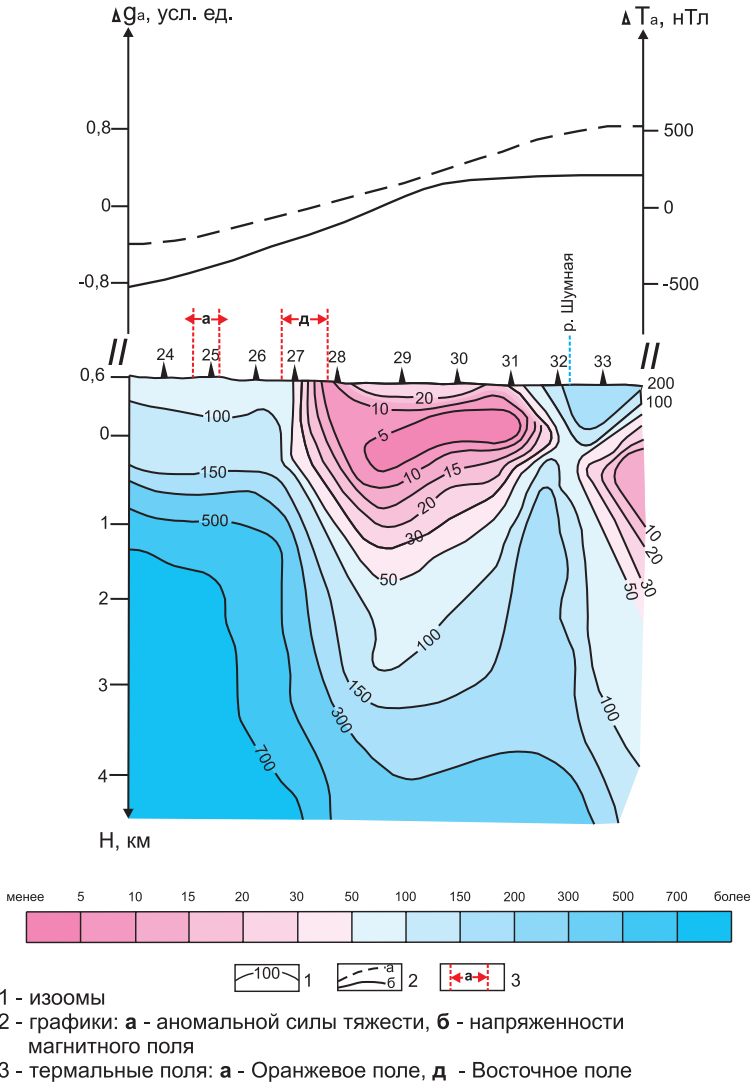


Рис. 7. Геоэлектрический разрез по профилю II-II в кальдере Узон

Удельное электрическое сопротивление подстилающего комплекса пород меняется от первых сотен Ом · м до первых десятков Ом · м. Посткальдерный комплекс сложен магматическими породами основного и кислого состава. Сопротивление таких пород в сухом состоянии составляет тысячи Ом · м. Пониженные сопротивления пород здесь можно связать с наличием гидротермальных растворов. Наиболее низкие удельные электрические сопротивления в первые десятки Ом · м отмечаются в средней части кальдеры под Восточным термальным полем. Эта зона характеризуется повышенной пористостью пород. Она отражает наличие глубинного разлома (рис. 6), по которому гидротермальные растворы поступают в осадочный слой кальдеры и растекаются по нему, образуя термальные поля и многочисленные пульсирующие гидротермальные источники.

Полученная геоэлектрическая модель в значительной мере уточняет и дополняет существующее представление о глубинном строении и геохимической зональности кальдеры Узон – одного из наиболее активных геотермальных районов на Восточной Камчатке.

### **Заключение**

1. По проницаемой зоне, тяготеющей к центру кальдеры, происходит поступление глубинных флюидов. Об участии в питании поверхностных гидротерм глубинными растворами свидетельствует присутствие в их составе спонтанных газов  $\text{He}$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}_2$  и повышенных содержаний химических элементов, таких как  $\text{Cl}$ ,  $\text{B}$ ,  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ ,  $\text{As}$ ,  $\text{Sb}$ ,  $\text{Hg}$ ,  $\text{PЗЭ}$  и др.

2. В зоне глубинного разлома фиксируются проявления углеводородов на площадке Нефтяной, что может указывать на вероятность абиогенного происхождения углеводородов или смешанного с биогенным.

3. Мощность осадочного чехла кальдеры Узон составляет 200–700 м. Удельное электрическое сопротивление подстилающего комплекса пород меняется от десятков до первых единиц Ом · м. Наиболее низкие удельные электрические сопротивления в первые единицы Ом · м отмечаются в средней части кальдеры под Восточным термальным полем, где мощность осадочного чехла минимальна и насыщена минерализованными термальными растворами. Эта зона характеризуется повышенной пористостью пород. Она отражает наличие глубинного разлома, по которому гидротермальные растворы поступают в осадочный слой кальдеры и растекаются по нему, образуя термальные поля и многочисленные пульсирующие гидротермальные источники.

Запланированный нами объем работ в 2012 г. выполнен полностью. Для выявления расположения магматического очага и субвулканических

тел в недрах кальдеры целесообразно в дальнейшем проведение геофизических работ с аппаратурой, позволяющей изучить строение кальдеры до глубины 30 и более км.

### **Благодарности**

Авторы выражают благодарность сотрудникам Иркутскгеофизики (г. Иркутск) В. А. Тупицыну и В. В. Золотареву, сотрудникам ИВиС ДВО РАН Д. Ю. Кузьмину, О. В. Самойловой, Т. А. Мороз, В. А. Логинову и С. М. Лимаревой за помощь в проведении и обработке полевого материала.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 11-05-00572.

### **Литература**

*Бердичевский, М. Н.* Электрическая разведка методом магнитотеллурического профилирования / М. Н. Бердичевский. – М. : Наука, 1967. – 254 с.

Гидротермальные системы и термальные поля Камчатки. – Владивосток, 1976. – 281 с.

Геологический словарь : в 2-х т. / под ред. К. Н. Паффенгольца и др. – М. : Недра, 1978. – 387 с.

*Готтих Р. П.* Глубинность нефти и возможные источники вещества флюидов / Р. П. Готтих, Б. И. Писоцкий // I Всероссийск. конф. по глубинному генезису нефти, I Кудрявцевские чт-я, Москва, ЦГЭ, 22–25 октября 2012 – ([http://www.ipng.ru/files/\\_5ce3edb6-3929-47b9-9d98-74203a901d2c-022\\_Gottih-Pisozkiy\\_Theses.pdf](http://www.ipng.ru/files/_5ce3edb6-3929-47b9-9d98-74203a901d2c-022_Gottih-Pisozkiy_Theses.pdf))

*Дрознин, В. А.* Новый гейзер в кальдере вулкана Узон / В. А. Дрознин // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – Петропавловск-Камчатский. – 2009. – Вып. 14. – № 2. – С. 10–12.

*Карпов, Г. А.* Современные гидротермы и ртутно-сурьмяно-мышьяковое оруденение / Г. А. Карпов – М. : Наука, 1988. – 183 с.

*Карпов, Г. А.* Эволюция режима и физико-химических характеристик растворов новообразованного гейзера в кальдере Узон (Камчатка) / Г. А. Карпов, А. Г. Николаева, В. Н. Акимов, В. Ф. Гальченко // Вулканология и сейсмология. – 2012. – № 3. – С. 3–13.

*Кугаенко, Ю. А.* Глубинная структура района Узон-Гейзерной вулканотектонической депрессии по данным микросейсмического зондирования / Ю. А. Кугаенко, В. А. Салтыков, А. В. Горбатилов, М. Ю. Степанова // ДАН. – 2010. – Т. 435. – № 1. – С. 96–101.

*Набоко, С. И.* Гейзеры Камчатки / С. И. Набоко // Тр. лаб. вулк. и Камчатской вулк. станции. – 1954. – Вып. 8. – С. 126–209.

*Никитина, Л. П.* Модификационные методы отбора и анализа вулканических газов / Л. П. Никитина, И. А. Меняйлов, В. Н. Шапарь // Вулканология и сейсмология. – 1889. – № 4. – С. 3–15.

*Устинова, Т. И.* Гейзеры Камчатки / Т. И. Устинова. – М. : Географія, 1955. – 120 с.

## ИССЛЕДОВАНИЯ ГЕЙЗЕРНОГО РЕЖИМА ПО СЕЙСМИЧЕСКИМ ДАННЫМ ШИРОКОГО ДИАПАЗОНА ЧАСТОТ

*Ю. А. Кугаенко, В. А. Салтыков  
Камчатский филиал Геофизической службы РАН  
e-mail: ku@emsd.ru*

**Ключевые слова:** гейзер, сейсмическая запись, гейзерный режим, Долина гейзеров, Камчатка, Сердце Великана

### **Введение**

В последние десятилетия для исследования гейзеров все шире применяются инструментальные методы. Новые данные позволяют уточнить представления о конфигурации подводящих каналов гейзерных аппаратов и пересмотреть модели, которые индивидуальны для каждого отдельного гейзера.

В камчатской Долине гейзеров (Кроноцкий заповедник) проводилась регистрация сейсмических сигналов на гейзерном поле и около гейзеров Большой, Великан, Жемчужный, Щель и пульсирующего источника Коварный. Сейсмический метод предполагает новые возможности для изучения гейзерного режима, в том числе скрытых особенностей подземной гейзерной активности. Результаты обработки сигналов демонстрируют высокую информативность этого метода исследования режима гейзеров, учитывая новые возможности, связанные с широкополосной записью. В некоторых случаях особенности гейзерного режима проявляются в различных частотных диапазонах неодинаково.

Актуальность исследований определяется проблемой сохранения рекреационных ресурсов Кроноцкого заповедника и его уникальных природных объектов в условиях высокой эндогенной активности территории.

### **Материалы и методы исследований**

Наблюдения проводились сейсмометрами Guralp CMG-6TD, которые относятся к категории портативных широкополосных приборов со встроенной памятью и одновременно сочетают в себе функции сейсмического датчика и цифрового регистратора (частотный диапазон 0,03–100 Гц). Использовались как сейсмические каналы, так и служебные сертифицированные каналы «mass position», работающие в режиме

акселерометра и позволяющие отслеживать медленные движения земной поверхности.

Сейсмометры устанавливались непосредственно на дневную поверхность, без заглубления, поблизости от грифонов гейзеров (рис. 1).



**Рис. 1.** Установка сейсмометра *Guralp CMG-6TD* на дневную поверхность около пульсирующего источника *Коварный*

### **Результаты и их обсуждение**

#### *Активность гейзера Щель в сейсмических записях*

Щель относится к группе гейзеров со стабильным режимом, малой продолжительностью цикла, небольшой площадью выходного отверстия и сравнительно небольшим объемом канала. В щелеобразной трещине расположены три отверстия канала гейзера. Извержение представляет собой выброс пароводяной смеси из всех трех отверстий одновременно под углом  $50^\circ$  к склону на высоту до 2 м. Характерная черта гейзера

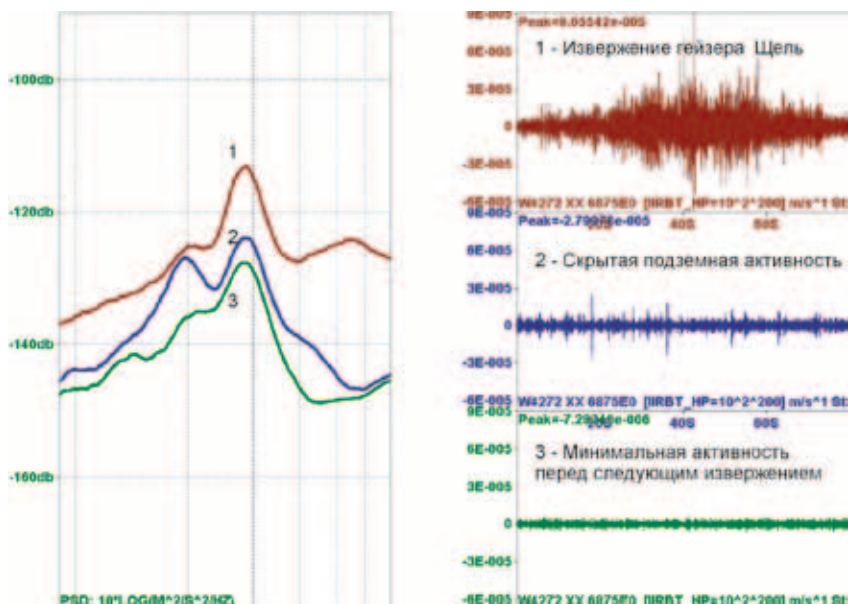
Щель – отсутствие стадии излива. Пропуск стадии излива объясняется тем, что канал гейзера хорошо изолирован и достаточно прогрет. После прекращения извержения оставшаяся в канале вода нагревается не только за счет поступления глубинной перегретой воды, но и при контакте с нагретыми стенками канала. Длительность извержения около 1 мин., период – 31–32 мин. После извержения гейзер интенсивно парит.

Периодичность в деятельности гейзера Щель хорошо проявляется в высокочастотном диапазоне сейсмических записей  $f > 1$  Гц. Максимум сейсмического сигнала длится около 2 мин. (что несколько больше видимого эпизода извержения). Затем следует отрезок времени (28–29 мин.), когда в сейсмической записи фиксируется поземная активность гейзера в виде отдельных спазматических цугов, временами сливающихся в единый поток сейсмического шума. В (Kedar et al., 1996, 1998; Keiffer, 1984) такой характер сейсмического сигнала связывается с коллапсом пузырей пара при их продвижении вверх по каналу гейзера. Интенсивность сейсмического сигнала минимальна в последние 2–3 минуты перед следующим извержением. По-видимому, вследствие подъема воды по узкому субвертикальному неравномерно прогретому каналу гейзера давление возрастает и кипение временно прекращается. Стенки канала гейзера являются самостоятельным источником нагрева поступающей воды и в некоторый момент обеспечивают возрастание температуры в канале до точки кипения, начиная новое извержение. Выявленные по сейсмическим данным стадии деятельности гейзера Щель хорошо отражаются в спектрах записей (рис. 2).

#### *Процессы, сопровождающие деятельность гейзера Большой*

Гейзер Большой относится к группе гейзеров с большой продолжительностью цикла и заметной зависимостью режима от гидрометеорологической обстановки вследствие большой площади выходного отверстия и объема верхней части канала. До геологической катастрофы (оползня 03.06.2007 г., уничтожившего часть гейзеров) особенностью режима Большого гейзера являлась неравномерность цикла за счет незакономерного удлинения стадии покоя, что пока не нашло своего объяснения.

В июне 2007 г. гейзер Большой был затоплен подпрудным озером, а через несколько месяцев, после прорыва дамбы и частичного опускания воды, заработал. В сентябре 2009 и 2010 г. его период был 55–60 мин. После подтопления изменился характер деятельности гейзера:



**Рис. 2.** Спектры сейсмического сигнала гейзера Щель в диапазоне частот от 1 Гц и выше для различных участков гейзерного цикла

наблюдались извержения пульсирующего характера, кипение и отдельные выплески воды происходили на протяжении всего цикла, фаза покоя не наблюдалась. Нам предоставилась возможность наблюдать и исследовать деятельность гейзера, находящегося в экстремальных изменяющихся естественных внешних условиях.

Обнаружены медленные деформационные процессы, сопровождающие извержения гейзера Большой. Показано, что характер извержений меняется. Особенно это заметно при анализе различных частотных диапазонов сейсмических записей (рис. 3, 4). Некоторые извержения гораздо слабее других и не сопровождаются деформациями, хотя внешние условия постоянны. Это говорит о возможных вариациях в тепловом питании гейзера.

Обработка сейсмической записи канала «mass position» позволила восстановить длиннопериодную вариацию смещения поверхности, наиболее ярко проявившуюся на вертикальном канале. Оказалось, что изменение характера извержений гейзера Большой соответствует



смене знака поверхностной деформации: растяжению соответствует строгая периодичность извержений во всех диапазонах спектра, а при сжатии деятельность гейзера нестабильна. Возможно, длиннопериодная вариация смещения поверхности связана с земными приливами. Отметим, что по литературным данным ряд исследователей выявляли воздействие приливов на периодичность работы гейзеров (например, (Geer, Rinehard, 1973; Ingebriitsen, Rojstaczer, 1996; Rojstaczer et al., 2003)), однако зависимость характера единичных извержений от фазы прилива никогда ранее не рассматривалась.

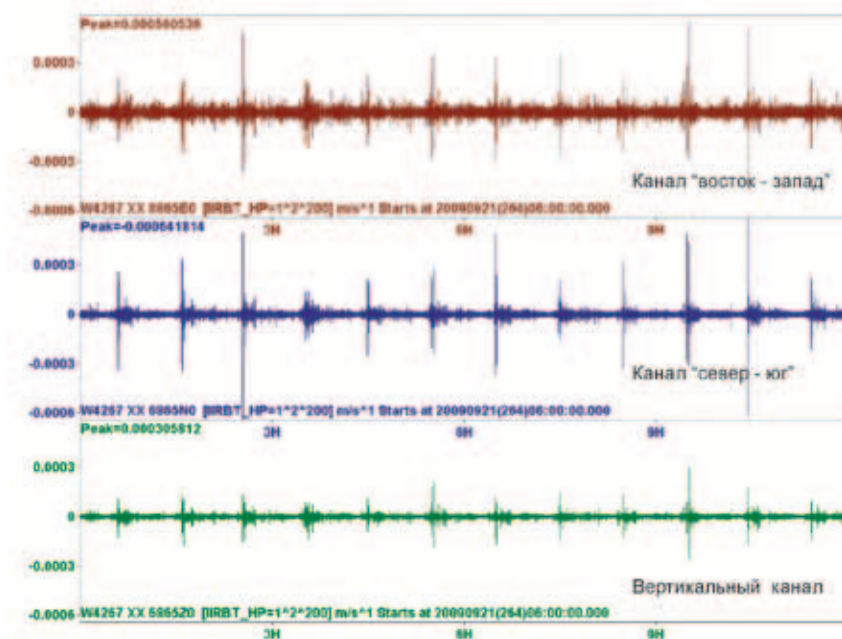


Рис. 3. Сейсмический сигнал гейзера Большой в диапазоне частот от 1 Гц и выше

*Особенности сейсмических записей, полученных в районе термальной площадки гейзера Великан и гейзера Жемчужный*

Площадка расположена в излучине р. Гейзерная и относится к Центральному участку Гейзерного термального поля. Расстояние между

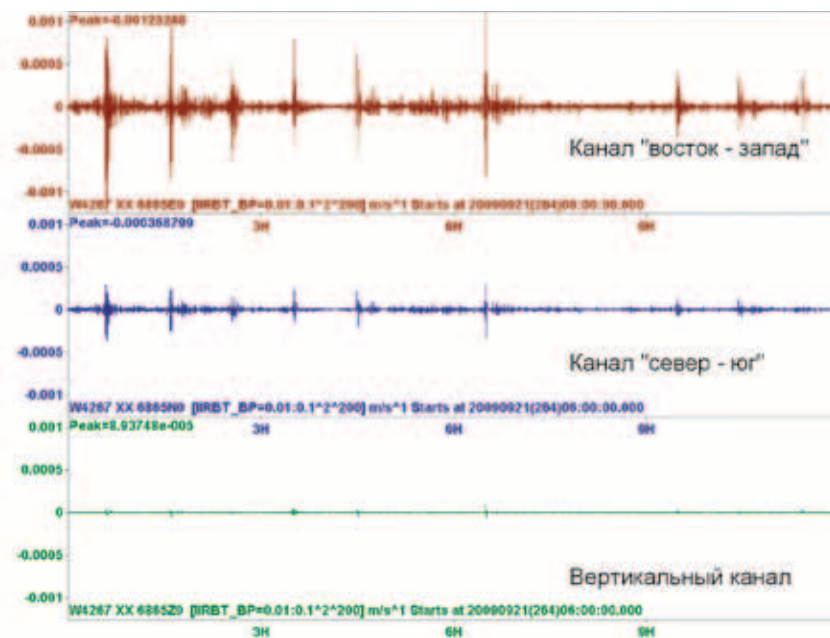


Рис. 4. Сейсмический сигнал гейзера Большой в диапазоне частот 0,01–0,1 Гц

выходными отверстиями гейзеров Жемчужный и Великан около 40 м. Их гейзеритовые площадки между собой не сообщаются: на дневной поверхности они разделены полосой глинистых пород (гидротермально-измененных озерных отложений), обводненными топкими участками стока термальных вод, небольшими пульсирующими кипящими источниками.

Сейсмометр был установлен на гейзеритовый щит гейзера Жемчужный в 4 м от выходного канала гейзера. В сентябре 2009 г. период работы гейзера Жемчужный составлял около 195 мин., длительность извержения – 4 мин. Как и на гейзере Большой, зарегистрированы медленные деформационные процессы, сопровождающие извержения.

Как в сейсмической записи, так и в записи канала «mass position» выявлены периодические вариации с периодом 17 мин (рис. 5). Их строгая периодичность свидетельствует о том, что в зоне регистрации присутствует еще один источник гейзерного типа. На поверхности неизвестны



**Рис. 5.** Оригинальный сейсмический сигнал, зарегистрированный в районе термальной площадки гейзера Великан и гейзера Жемчужный. Большие всплески – извержения гейзера Жемчужный. Короткие циклы – активность подземного гейзера Сердце Великана (пояснения в тексте)

гейзеры с таким периодом активности. Поэтому предполагается, что нами зарегистрирован *подземный* источник, работающий в гейзерном режиме. Его периодичность близка к малому циклу (периоду промежуточных вскипаний) гейзера Великан (Дрознин и др., 1999; Сугрובה, 1982, 1983), период которых в сентябре 2009 г. составлял около 20 мин (по данным В. А. Дрознина). То, что питающий канал гейзера Великан не вертикален, подтверждено видеосъемкой (Belousov et al., 2013). Вероятно, питающая система гейзера Великан занимает большую площадь и представляет собой комплекс подземных каналов и полостей (камер), которые неравномерно заполняются теплоносителем. Инструментальные данные свидетельствуют о скрытом периодическом процессе, который регистрируется на всем протяжении цикла активности гейзера Великан (как

на стадии покоя, так и на стадии излива). Период гейзера Великан кратен периоду подземного процесса. На основании вышесказанного можно предположить, что выявлен подземный гейзер, возможно, входящий в структуру теплового питания гейзера Великан. Предлагается назвать его Сердце Великана.

### **Заключение**

В камчатской Долине гейзеров ведутся работы по составлению «сейсмических портретов» гейзеров и систематизации их спектральных характеристик.

Обнаружены и инструментально зарегистрированы смещения земной поверхности, связываемые с работой отдельных гейзеров. Ранее аналогичные деформации в окрестностях выхода гейзерного канала были обнаружены только на искусственном гейзере Оникобэ в Японии [Nishimura et al., 2006].

Получены данные, свидетельствующие о существовании в районе площадки гейзера Великан подземного гейзера, который предложено назвать Сердце Великана.

Спектральные характеристики широкополосных сейсмических записей, полученных на гейзерном поле, будут использованы при планировании исследований в районах высокотемпературных гидротермальных систем, где присутствуют самостоятельные глубинные источники сейсмических сигналов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты 10-05-00139, 13-05-00117).

### **Литература**

*Дрознин, В. А.* Измерения температуры в ванне гейзера Великан (Долина Гейзеров, Камчатка) / В. А. Дрознин, В. Ф. Бахтияров, В. Е. Левин // Вулканология и сейсмология. – 1999. – № 1. – С. 3–19.

*Сугрובה, Н. Г.* Режим гейзера Великан // Вопросы географии Камчатки. – 1982. – Вып. 8. – С. 66–68.

*Сугрובה, Н. Г.* Некоторые закономерности режима гейзеров Камчатки / Н. Г. Сугрובה // Вулканология и сейсмология. – 1983. – № 5. – С. 35–48.

*Belousov, A.* Video observations inside conduits of erupting geysers in Kamchatka, Russia, and their geological framework: implications to the geyser mechanism / A. Belousov, M. Belousova, A. Nechaev // Geology. – 2013. – V. 41. – P. 387–390.

*Geer, R. D.* Geyser Eruptions and the 18.6-Year Tidal Component / R. D. Geer, J. S. Rinehart // Science. – 1973 – Vol. 180 (4093). – P. 1384–1385.

*Ingebriitsen, S. E.* Geyser periodicity and response of geysers to deformation / S. E. Ingebriitsen, S. A. Rojstaczer // J. Geophys. Res. – 1996. – Vol. 101. – N B10. – P. 21891–21905.

*Kedar, S.* Bubble collapse as the source of tremor at Old Faithful Geyser / S. Kedar, H. Kanamori, B. Sturtevant // J. Geophys. Res. – 1998. – V. 103. – N B10. – P. 283–299.

*Kedar, S.* The origin of harmonic tremor at Old Faithful geyser / S. Kedar, B. Sturtevant, H. Kanamori // Nature. – 1996. – V. 379. – P. 708–711.

*Kieffer, S. W.* Seismicity of Old Faithful Geyser: an isolated source of geothermal noise and possible analogue of volcanic tremor / S. W. Kieffer // J. Volcanology and Geothermal Research. – 1984. – Vol. 22. – Issue 1–2. – P. 59–95.

*Nishimura, T.* Investigation of Onikobe geyser, NE Japan, by observing the ground tilt and flow parameters / T. Nishimura, M. Ichihara, S. Ueki // Earth, Planets, Space. – 2006. – N 58. – P. e21–e24.

*Rojstaczer, S.* Variability in geyser eruptive timing and its causes: Yellowstone National Park / S. Rojstaczer, D. L. Galloway, S. E. Ingebriitsen, D. M. Rubin // Geophysical Research Letters. – 2003. – Vol. 30. – N 18 – doi:10.1029/2003GL017853

---

## ПРОБЛЕМЫ РЕКРЕАЦИОННОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

### ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЕКРЕАЦИОННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРМАЛЬНЫХ ЭКОСИСТЕМ (НА ПРИМЕРЕ ДОЛИНЫ Р. ГЕЙЗЕРНОЙ, КРОНОЦКИЙ ЗАПОВЕДНИК)

*А. В. Завадская<sup>1</sup>, В. М. Яблоков<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>ФГБУ «Кроноцкий государственный заповедник»,  
e-mail: anya.zavadskaya@gmail.com*

*<sup>2</sup>Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова  
e-mail: vasily.yablokov@gmail.com*

В работе классифицированы виды рекреационных воздействий на термальные природные комплексы Камчатки, представлены результаты оценки потенциальной устойчивости к рекреационным воздействиям редких и уникальных ландшафтов гидротермальных систем, а также обоснованы методы картографирования их рекреационной устойчивости на основе структуры растительного покрова. Для модельной территории (долины р. Гейзерной) составлена крупномасштабная (1 : 2000) ландшафтно-рекреационная карта и предложена структура многолетнего рекреационного мониторинга, учитывающая физико-географические особенности термальных ландшафтов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ, в рамках научных проектов №№ 12-04-00272, 13-05-00870, 13-04-10037.

**Ключевые слова:** Долина гейзеров, Кроноцкий заповедник, термальные экосистемы, рекреационные воздействия, рекреационная устойчивость, рекреационный мониторинг

## Введение

Интразональные термальные ландшафты, формирующиеся в местах разгрузки гидротермальных систем, обладают рядом особенностей, существенно отличающих их от зональных природно-территориальных комплексов (ПТК): высокой мозаичностью растительного покрова, вмещающего в себя ценопопуляции эндемичных видов; многообразием форм микрорельефа, среди которых можно выделить бессточные воронки, грязевые котлы и вулканчики, гейзеритовые постройки и др.; неоднородностью микроклиматических условий; специфичным химическим составом и температурным режимом почв; существованием в местах разгрузки термальных вод уникальных альго-бактериальных сообществ и колоний сине-зеленых водорослей; особой ролью в территориальном и сезонном перераспределении животных.

В настоящее время на полуострове Камчатка насчитывается 13 основных гидротермальных систем (Гольдфарб, 2005) и 112 групп термальных источников (Каталог... 1972), обуславливающих существование уникальных и редких термальных ландшафтов. Объединяя в себе высокие эстетические качества, научно-познавательную ценность и лечебно-оздоровительные свойства, рассматриваемые экосистемы издавна испытывали высокие рекреационные нагрузки. Так, например, на Малкинских ключах уже в 1802 г. существовала бальнеологическая лечебница (Пийп, 1937). В настоящее время термальные природные комплексы содержат более 35 % популярных рекреационных объектов региона, а в структуре отдыха местного населения их доля составляет почти 50 % (Завадская, 2012).

Интенсивное рекреационное использование термальных ландшафтов ведет к их активной трансформации и создает угрозу их сохранности. Разными авторами отмечается негативное влияние туризма на растительный покров (Чернягина, Кириченко, 2007; Борисова, 2011), почвы (Завадская, 2012), животный мир (Мосолов, 2002; Лобкова, Лобков, 2003) термальных экосистем, а также санитарно-гигиеническое состояние уникальных природных объектов (Борисова, 2011; Завадская, 2012). Анализ литературных материалов и результатов собственных полевых исследований позволил выделить специфичные для рассматриваемых экосистем последствия рекреационных воздействий (рис. 1):

1) *деградация* уникальных гидротермально измененных почв (*термоземов*), сопутствующих территориям у наиболее зрелищных геотермальных объектов (гейзеров, источников, грязевых котлов и т. п.); ввиду слабой изученности достаточно сложно прогнозировать поведение



**Рис. 1.** Рекреационное воздействие на природные комплексы Камчатского края (сплошная линия – виды воздействия на природную среду; штриховая – реакция среды; красным цветом выделены специфичные для термальных экосистем виды и последствия рекреационных воздействий)

термоземов в случае изменения термического режима и других последствий рекреационного воздействия;

2) *выпадение термофильного элемента* из термальных растительных сообществ, синантропизация, угнетение, а зачастую и полное исчезновение таковых (как, например, это уже произошло с рядом термофильных сообществ Верхне-Паратунских, Начикинских Малых Банных и Малкинских ключей (Чернягина, 2000), в том числе в связи с активным заселением термальных местообитаний антропофитами;

3) *деградация* и полное исчезновение уникальных *альго-бактериальных сообществ* и колоний *сине-зеленых водорослей* как вследствие прямого уничтожения, так и в результате загрязнения их среды обитания;

4) *деструктивное воздействие на морфоскульптуру* термальных полей: уничтожение термальных полей и уникальных гейзеритовых построек (известна печальная история расхищения на сувениры гейзеритовых плащей гейзеров Сахарного и Великана во времена функционирования Всесоюзного маршрута № 264 в 60–70-х гг. прошлого века).

Помимо трансформации под воздействием рекреационного использования, рассматриваемые ПТК деградируют (или подверглись деградации в прошлом) в результате поисково-разведочных работ на термальные воды и застройки хозяйственными и рекреационными объектами (санаториями, базами отдыха, тепличными сооружениями). В настоящее время,



по различным оценкам (Чернягина, 2000; Лобкова, Лобков, 2003; Нешатаева, 2009), более 70 % термальных источников Камчатки затронуты антропогенным воздействием различной степени интенсивности.

В то же время существующие меры охраны данных уникальных и редких экосистем недостаточны, что видно по тенденциям изменения их состояния. Несмотря на формально закрепленный за многими объектами статус ООПТ (около 80 % ПТК гидротермальных систем расположены в пределах охраняемых территорий различных категорий и статуса), рассматриваемые ПТК в условиях отсутствия грамотного планирования и регулирования уровня их рекреационного использования, а также чрезвычайно высокой уязвимости их компонентов подвергаются активной трансформации под воздействием рекреационных нагрузок (Голубева, Завадская, 2012; Завадская, 2012). Учитывая уникальность и всемирную значимость большинства рассматриваемых экосистем необходимо с особым вниманием отнестись к обеспечению их функционирования в условиях рекреационных воздействий.

Особенно актуальным видится определение территориально-планировочной структуры рекреационного использования уникальных и редких термальных ландшафтов. Научно-методическую основу разработки такой структуры составляет оценка рекреационной устойчивости экосистем, под которой понимается их способность противостоять рекреационным нагрузкам до определенного предела, после которого происходит нарушение внутренних структурных связей между компонентами, и экосистема теряет способность к восстановлению (Оценка... 1992).

### **Материалы и методы исследований**

В качестве модельного объекта для изучения рекреационной устойчивости ПТК гидротермальных систем выбрана территория знаменитой Долины гейзеров, предоставляющая возможности для исследования как нарушенных в результате рекреационных воздействий, так и эталонных (условно ненарушенных) термальных геосистем.

Детальные работы по оценке устойчивости ПТК к рекреационным нагрузкам осуществлены на примере центрального участка Гейзерного термального поля (общая площадь участка работ около 0,15 км<sup>2</sup>), вмещающего наиболее ценные термальные ПТК и традиционно используемого для осуществления эколого-познавательных маршрутов.

Выполнение работ осуществлялось в несколько этапов: 1) полевые наблюдения и получение данных о характеристиках компонентов ПТК; 2) составление тематических карт компонентов ПТК рассматриваемой территории;

3) разработка оценочных шкал и определение устойчивости компонентов ПТК к рекреационным нагрузкам; 4) сопряженный анализ и получение интегральной оценки рекреационной устойчивости ПТК; 5) выявление ведущего фактора потенциальной устойчивости ПТК гидротермальных систем.

Используя критерии и показатели, предложенные различными авторами (Звонкова, 1970; Роде, Смирнов, 1972; Holmes, Dobson, 1976; Оценка... 1992; Cole, 1995; Hammitt, Cole, 1998; Чижова, 2011 и др.), для компонентов ПТК долины р. Гейзерная были разработаны пятибалльные шкалы их потенциальной устойчивости к рекреационным нагрузкам (главным образом, вытаптыванию и опасности развития линейной эрозии) (табл. 1).

*Растительность* как биотический компонент любого биогеоценоза играет решающую роль в структурно-функциональной организации экосистемы. Потенциальная устойчивость фитоценоза – свойство экосистемы поддерживать на определенном уровне в течение длительного времени свои основные параметры и способность восстанавливать их после нарушений (Оценка... 1992). Для оценки рекреационной устойчивости растительного покрова долины р. Гейзерная были использованы следующие свойства.

1. Флористический (видовой) состав фитоценоза – совокупность всех видов, произрастающих в ценозе (Оценка... 1992):

1.1. *Индивидуальная устойчивость доминантных видов*, зависящая от ряда морфологических и физиономических параметров растений (высоты, строения корневой системы, формы и строения листовой пластины и др.). Сообщества, включающие большое количество устойчивых к фактору воздействия видов, будут более устойчивы к воздействию, чем сообщества, состоящие из уязвимых видов. При этом некоторые авторы (Hammitt, Cole, 1998) справедливо отмечают, что адаптация растений к условиям среды приводит к тому, что образуемые видами различные морфологические и фенотипические формы могут обладать различной устойчивостью. Однако с определенной долей условности можно все же говорить об устойчивости отдельных видов растений. Так, доказано, что существует прямая корреляция между устойчивостью экосистемы и обилием злаков и кустарников (Cole, 1995); большое количество отечественных работ посвящено определению сбоеустойчивости видов сосудистых растений и оценке устойчивости различных эколого-ценотических групп к рекреационным нагрузкам. Для определения индивидуальной устойчивости доминантных видов нами использовались классификации, предложенные Н. А. Борисовой (2011), а также список физиономических и морфологических критериев, приведенный в работах (Полякова и др., 1981; Hammitt, Cole, 1998).

**Таблица 1.** Оценка рекреационной устойчивости компонентов ПТК долины р. Гейзерная

Оцениваемый показатель	Балл устойчививости				5 – наиболее устойчивые
	1 – наименее устойчивые	2	3	4	
	Растительный покров				
Видовой состав: индивидуальная устойчивость доминантных видов	моховые, лишайниковые сообщества	сообщества с преобладанием слабоустойчивых видов	сообщества с преобладанием среднесоустойчивых видов	сообщества с доминированием средних и высокоустойчивых видов	сообщества с преобладанием высокоустойчивых видов
Видовой состав: общее количество видов	1–4	5–8	9–12	13–17	более 17
Общее проективное покрытие, %	0–5	6–30	31–50	51–79	более или равно 80
Количество и состав ярусов	1 – мохово-лишайниковый / моховой	1 – травянистый из одного подъяруса (возможно присутствие мохово-лишайникового яруса)	2–3 – травянистый из двух подъярусов (возможно присутствие мохово-лишайникового яруса)	2–3 – травянистый из двух подъярусов с присутствием отдельных кустарничков / кустарничков (возможно присутствие мохово-лишайникового яруса)	более 3 – древесный, кустарниковый, травянистый из нескольких подъярусов, возможно присутствие кустарничков (возможно присутствие мохово-лишайникового яруса)
Проективное покрытие ветоши, %	0	0–30	31–50	51–80	более 80

Окончание табл. 2

Оцениваемый показатель	Балл устойчививости				
	1 – наименее устойчивые	2	3	4	5 – наиболее устойчивые
Размер растительной группировки, м <sup>2</sup>	менее 15	15,1–50	50,1–200	200,1–500	более 500
Почвы					
Гранулометрический состав	глины	тяжелые суглинки	средние суглинки	легкие суглинки	пески
Уплотненность, усл. ед	менее 3	3–5	6–8	9–11	более 11
Влагопроводность, см/с	менее 0,03	0,03–0,05	0,06–0,07	0,08–0,09	более 0,1
Мощность корнеобитаемого слоя, см	0–2	3–4	5–6	7–8	более 9
Рельеф					
Уклон	более 30	15–30°		2–15°	менее 2°
Степень увлажнения ПТК					
Гигротоп	мокрый	сырой	сухой	влажный	свежий

1.2. *Общее количество видов* в сообществе прямо пропорционально устойчивости ПТК (Holmes, Dobson, 1976). Видовой состав фитоценоза может оказывать влияние на устойчивость отдельных видов к рекреационным нагрузкам. Как показали исследования некоторых авторов (Cole, 1995), уязвимые виды выдерживают большую нагрузку в сообществах с присутствием сбоеустойчивых (антропоотолерантных) видов.

2. Влияние *общего проективного покрытия* травяно-кустарничкового яруса на устойчивость сообщества к рекреационным нагрузкам рассмотрено D. Cole (1995) на примере 18 различных типов растительности Северной Америки. В результате им выявлена прямая зависимость между устойчивостью сообществ к вытаптыванию, являющемуся главным воздействующим фактором при рекреационных нагрузках, и общим проективным покрытием. Помимо всего прочего, данная величина во многом определяет устойчивость ПТК к развитию эрозионных процессов (Hammitt, Cole, 1998).

3. *Структурное разнообразие фитоценоза*. Устойчивые сообщества обладают более сложной структурой, которая обеспечивает им большой набор компенсаторных механизмов, взаимозаменяемость отдельных фитоблоков и высокую степень замкнутости (Оценка... 1992). С увеличением *количества ярусов* в структуре растительного покрова повышается устойчивость сообщества: верхние ярусы поглощают и «гасят» воздействие, защищая нижние ярусы; последние же в это время обеспечивают эффект упругости, в определенной мере компенсируя воздействие на верхние ярусы (Hammitt, Cole, 1998).

4. *Фитомасса*. Для устойчивых сообществ характерны высокие значения общей фитомассы (надземной части, ветоши и подземной части). При этом наряду со значением общей фитомассы для характеристики устойчивости могут быть использованы производные и составляющие данной величины, одной из которых выступает *проективное покрытие ветоши* (Оценка... 1992).

5. *Площадь (размер) растительной группировки* также положительным образом связан с устойчивостью сообщества (Hammitt, Cole, 1998).

Для оценки устойчивости *почвенного покрова* были приняты во внимание следующие свойства почв, которые могут катализировать или, наоборот, приостанавливать развитие негативных процессов, связанных с рекреационной нагрузкой:

1. *Гранулометрический состав* нескольких верхних почвенных горизонтов является основополагающим при оценке устойчивости к рекреационным нагрузкам. Наиболее устойчивыми являются легкосуглинистые почвы, с утяжелением или облегчением механического состава устойчивость падает (Чижова, 1977, 2011). В контексте рассматриваемой территории, где наиболее актуальными являются процессы развития линейной эрозии, целесообразно ранжирование почв по данному свойству следующим образом: наименее устойчивы глинистые почвы, наиболее устойчивы песчаные.

2. *Уплотненность верхних почвенных горизонтов*. При больших значениях уплотненности почвы ее поровое пространство уменьшается, фильтрация воды происходит слабее, что увеличивает вероятность развития линейной эрозии (Лозе, Матье, 1998).

3. *Скорость инфильтрации (влагопроводность)* определяет, будет ли влага проникать в почву или будет сноситься по поверхности почвы, что увеличивает поверхностную эрозию. Почвы с низкими значениями влагопроводности обладают меньшей устойчивостью.

4. *Мощность корнеобитаемого слоя* является очень важным показателем при оценке эрозионной устойчивости почв. Почвы, обладающие более мощным корнеобитаемым слоем, более устойчивы к антропогенным нагрузкам. Корни растений закрепляют почвенные агрегаты, мюллевый гумус (хорошо разложившиеся растительные остатки) и создают прочные эластичные связи между ними (Мирцхулава, 1967).

Помимо данных факторов, при оценке рекреационной устойчивости ПТК долины р. Гейзерная были приняты во внимание следующие характеристики:

1. *Уклон поверхности*. При увеличении уклона снижается устойчивость ПТК к рекреационным нагрузкам (Чижова, 2011).

2. *Степень увлажнения*. Наиболее устойчивыми к рекреационным воздействиям являются ПТК с нормальным увлажнением (свежий гигротоп), с иссушением или увлажнением устойчивость падает (Чижова, 1977, 2011).

Информационной основой оценочных работ явились материалы детальных полевых исследований, выполненных авторами в 2010–2012 гг. (данные о пространственной структуре (полевая схема) и единицах растительного покрова (97 полных и более 200 кратких геоботанических описаний) и приуроченных к ним температурах почв (358 измерений на трансектах и 52 вне трансект); морфологические описания 42 почвенных разрезов; характеристики элементарных ПТК (гигротоп, положение

в рельефе и др.)), и созданные авторами крупномасштабные (1 : 2000) тематические карты и схемы на район исследования (геоботаническая, почвенная, уклонов, степени увлажненности ПТК, термальных полей).

Частные балльные оценки отдельных свойств компонентов ПТК были суммированы и на основе среднего балла была определена устойчивость каждого из рассматриваемых компонентов. Значения полученных оценок для каждого компонента ПТК были добавлены в атрибутивные таблицы тематических карт, что позволило получить серию оценочных карт устойчивости компонентов ПТК долины р. Гейзерная к рекреационным нагрузкам.

Для определения *суммарной (интегральной) устойчивости ПТК* рассматриваемого района к рекреационным нагрузкам был произведен сопряженный анализ полученных покомпонентных карт устойчивости в пакете ArcGIS. Интеграция разнородных оценок осуществлена на основе сеточной гексагональной модели с ячейкой радиусом 3 м. Такая форма ячейки наиболее близка природным образованиям и покрывает максимальную площадь при заданном радиусе (принцип рационализации). Выбор размера ячейки продиктован небольшой площадью рассматриваемого участка, высокой мозаичностью растительного покрова и необходимостью классификации устойчивости для довольно небольших по площади ПТК термальных полей.

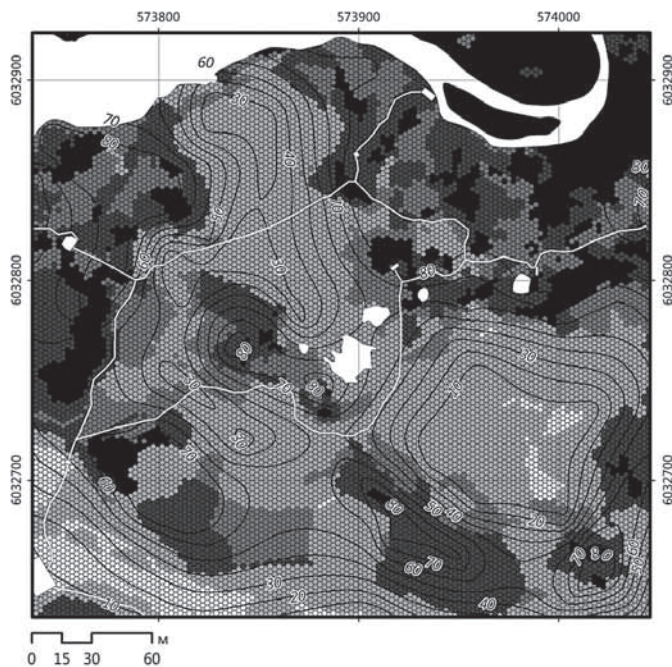
### **Результаты и обсуждение**

В результате выполнения оценочных работ стало возможным составление карты устойчивости ПТК долины р. Гейзерная к рекреационным нагрузкам (рис. 2), на которой устойчивость экосистем оценена в относительных единицах, за единицу принята наибольшая устойчивость ландшафтов оцениваемой территории.

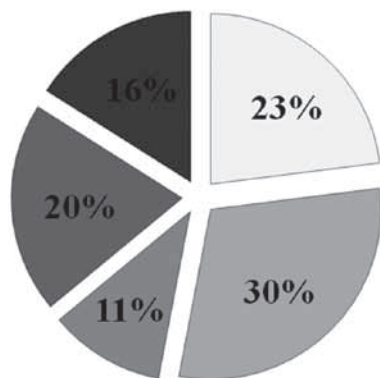
Дальнейшие исследования показали, что особая роль в устойчивости рассматриваемых ПТК принадлежит *термальному фактору*. Так, сравнение карты термальных полей, составленной нами на основе методов ландшафтной индикации (Завадская и др., 2012; Яблоков, Завадская, 2013), с покомпонентными и интегральными картами устойчивости выявило корреляцию зон повышенной температуры с участками пониженной устойчивости ПТК к рекреационным нагрузкам (табл. 2, рис. 2). Установлено, что в распределении ПТК гидротермальных систем разной устойчивости наблюдается зависимость от температурных условий и по этим параметрам они дифференцируются на 5 групп (Завадская, 2012) (рис. 2).

**Таблица 2.** Корреляционные зависимости рекреационной устойчивости ПТК долины р. Геизерная и температуры почв

Показатель		Частные оценки устойчивости				Интегральная устойчивость	Температура на 0,5 м
		растительность	почвы	гигротоп	склон		
Частные оценки устойчивости	растительность	1,00	0,72	0,88	0,39	0,98	-0,87
	почвы	0,72	1,00	0,56	0,16	0,71	-0,81
	гигротоп	0,88	0,56	1,00	0,21	0,86	-0,52
	склон	0,39	0,16	0,21	1,00	0,37	-0,31
Интегральная устойчивость		0,98	0,71	0,86	0,37	1,00	-0,91
Температура на 0,5 м		-0,87	-0,81	-0,52	-0,31	-0,91	1,00







Рекреационная устойчивость	Температура почв на 0,5 м, °С	Основные характеристики компонентов ПТК	
		растительность	почва*
очень высокая (0,9–1)	менее 20	зонально-поясная	аэрогенная: дерновая слоисто-пепловая, слоисто-пепловая, слоисто-охристая
высокая (0,7–0,8)	21–30	близкая по структуре к зонально-поясной	слоисто-пепловая гидротермально измененная
средняя (0,5–0,6)	31–45	измененные зонально-поясные и термофильные сообщества, включающие редкие виды <i>Ophioglossum thermale</i> , <i>Lycopodium uniflorum</i> , <i>Spiranthes sinensis</i> и др.	слоисто-пепловая гидротермально измененная; гидротермальная: термозем дерновый остаточно слоистый
слабая (0,3–0,4)	46–70	термофильные сообщества, включающие редкие виды <i>Agrostis geminata</i> , <i>Fimbristylis ochotensis</i> и др.	гидротермальная: термозем дерновый примитивный и типичный
крайне слабая (0–0,2)	более 70	примитивный растительный покров; моховые сообщества; группировки <i>Agrostis geminata</i> и фрагменты формации <i>Fimbristyleta ochotensis</i>	гидротермальная: термозем дерновый типичный, термозем корковый

\*Примечание: Классификационная принадлежность гидротермальных почв определена по (Гольдфарб, 2005); аэрогенных – по (Соколов, 1973).

**Рис. 2.** Интегральная рекреационная устойчивость ПТК долины р. Гейзерная, сопряженная с характеристиками термальных полей

Максимальной устойчивостью обладают зонально-поясные ПТК, приуроченные к участкам с фоновыми температурами (23 % площади исследуемого района). Высокая устойчивость характерна для ПТК, близких по структуре растительного покрова к зонально-поясным, на слоисто-пепловых гидротермально измененных почвах с температурами 20–30 °С (30 %). Средней устойчивостью характеризуются ПТК с измененными зональными и термофильными сообществами (в том числе с присутствием редких видов – *Ophioglossum thermale*, *Bidens kamtschatica*, *Lycopus uniflorus*, *Spiranthes sinensis* др.) на гидротермальных почвах с температурами 30–45 °С (11 %). ПТК, расположенные в температурном диапазоне 45–70 °С, в состав сообществ которых входят облигатные термофилы, внесенные в Красную книгу Камчатки (*Agrostis geninata*, неэндем полуострова *Fimbristylis ochotensis* и др.), обладают слабой рекреационной устойчивостью (20 %). Наименее устойчивы к рекреационным нагрузкам уникальные ПТК, на высокотемпературном (70–95 °С) субстрате, с примитивным почвенным и растительным покровом, или вмещающие моховые сообщества, группировки *Agrostis geninata* и фрагменты формации *Fimbristylis ochotensis* (16 %).

Как видно, почти половина рассмотренных ПТК, включающих местообитания редких, в т. ч. эндемичных и реликтовых видов растений (табл. 3), обладает низкой рекреационной устойчивостью.

### **Заключение**

Полученные результаты легли в основу разработки мер по оптимизации рекреационного природопользования и позволили выделить особенности организации и управления туризмом в термальных экосистемах.

**Особенности территориального планирования.** Выявленная дифференциация термальных ПТК по степени устойчивости к рекреационным нагрузкам позволяет оптимизировать территориальную структуру природопользования. Так, при планировании сети экологических троп рекомендуется проведение микрозонирования таких территорий с выделением в зону «покоя» или абсолютной заповедности участков с наибольшими температурами и высокой концентрацией эндемичных и реликтовых таксонов, обладающих, по результатам наших исследований, наименьшей устойчивостью к рекреационным нагрузкам. Уязвимость термальных экосистем к рекреационным воздействиям обуславливает также необходимость высокого уровня благоустройства

**Таблица 3.** Редкие виды растений, зарегистрированные в зоне непосредственного воздействия экскурсионного маршрута в долине р. Гейзерная, и характеристики устойчивости их местообитаний

Название вида	Категория в Красной книге Камчатки	Категория редкости для флоры России	Ценотическая приуроченность	Устойчивость местообитания
<i>Orphiodossium theemale</i> ужовник тепловодный	уязвимый	вид на северной границе ареала	специализированный растительный покров термальных участков; пионерные группировки различной сомкнутости и состава	средняя
<i>Orphiodossium alascapum</i> ужовник аляскинский	уязвимый	вид с низкой встречаемостью	специализированный растительный покров термальных участков; под пологом высокоотравно-крупнотравных сообществ; по подвижным участкам отепленных склонов в составе пионерного покрова	средняя
<i>Fimbristylis ochotensis</i> фимбристилис охотский	уязвимый	эндемичный вид полуострова Камчатка	специализированный растительный покров термальных участков; одновидовые заросли на участках высокого термального прогресса	слабая, крайне слабая
<i>Bidens kamtschatica</i> череда камчатская	угрожаемый	эндемичный вид полуострова Камчатка	специализированный растительный покров термальных участков; одновидовые заросли на переувлажненных местообитаниях	слабая

Окончание табл. 2

Название вида	Категория в Красной книге Камчатки	Категория редкости для флоры России	Ценоотическая приуроченность	Устойчивость местообитания
<i>Spiranthes sinensis</i> скрученник китайский	угрожаемый	вид на северной границе ареала; на Камчатке известен только из долины р. Гейзерной	в 2011–2012 гг. отмечен в зоне непосредственного влияния настильной тропы, в разреженном покрове термальных участков	слабая
<i>Platanthera samschatica</i> любка камчатская	уязвимый	вид на северной границе ареала	группами различного объема в луговых и высокоотравно-крупнотравных сообществах	высокая
<i>Epilobium fauriei</i> Кипрей Фору	угрожаемый	вид на северной границе ареала	несомкнутые растительные группировки эродированных склонов	слабая
<i>Lunathirium pterogachis</i> лунокучник крылатый	угрожаемый	вид на северной границе ареала	ольховники, обрамляющие термальные площадки (локально на левом берегу руч. Горячий)	средняя
<i>Lycopus iniflorus</i> зюзник одноцветковый	угрожаемый	вид на северной границе ареала	специализированный растительный покров термальных участков	средняя
<i>Agrostis geminata</i> полевица парная	угрожаемый	на Камчатке известен из долины р. Гейзерная, кальдеры влк. Узон и ист. Дачные	специализированный растительный покров термальных участков	слабая, крайне слабая

*маршрутов.* При этом первоочередным становится поиск баланса между природоохранными целями, уровнем развития инфраструктуры и ожиданиями посетителей, обеспечение минимального благоустройства, необходимого для *снижения рекреационных воздействий* на уязвимые ПТК при одновременном *сохранении природного облика* объектов.

**Особенности рекреационного мониторинга.** Основными особенностями ПТК гидротермальных систем, определяющими состав и структуру мониторинговых наблюдений, являются:

1. *Высокая вероятность развития опасных и неблагоприятных природных процессов в зоне маршрута.* Данная особенность реализована через включение в состав работ блока по оценке динамики склоновых процессов, отслеживание по которому осуществляется путем наблюдения за изменением положения системы постоянных реперов на местности.

2. *Высокая естественная динамичность природных комплексов.* Данная особенность определяет необходимость *сплошного* крупномасштабного картографирования термальных сообществ, содержащих уязвимые и/или редкие виды растений, для изучения естественных изменений их пространственных характеристик и вычленения из этих изменений антропогенной составляющей.

3. *Наличие уникальных объектов.* Уникальность некоторых термальных объектов обуславливает необходимость наблюдения за изменением их состояния, что реализуется путем осуществления *фотомониторинга* морфоскульптуры термальных полей.

*Установленная зависимость между устойчивостью к рекреационным воздействиям и температурой почв* делает перспективным использование данных дистанционного зондирования (аэрофото и космических снимков сверхвысокого разрешения) для диагностики устойчивости ПТК по структуре растительного покрова, регулярного мониторинга термальных экосистем и определения оптимальной планировочной структуры экологических троп и маршрутов.

## **Литература**

*Борисова, Н. А.* Рекреационное воздействие на районы термальных проявлений Юго-Восточной Камчатки (на основе анализа состояния растительного покрова): автореф. дис. ... канд. биолог. наук / Н. А. Борисова. – Владивосток : Дальневосточный федеральный университет МОН РФ, 2011. – 19 с.

*Голубева, Е. И.* Потенциал устойчивого развития рекреационного природопользования на особо охраняемых природных территориях Камчатского края /

Е. И. Голубева, А. В. Завадская // Вестник Национальной академии туризма. – № 4 (24), 2012. – С. 43–47.

*Гольдфарб, И. Л.* Влияние гидротермального процесса на почвообразование (на примере Камчатки): дис. ... канд. географ. наук / И. Л. Гольдфарб. – М.: Географ. фак-т МГУ им. М. В. Ломоносова, 2005. – 175 с.

*Завадская, А. В.* Геоинформационное картографирование термальных полей по структуре растительного покрова (на примере долины р. Гейзерной) / А. В. Завадская, В. М. Яблоков, М. В. Прозорова // Тр. Кроноцкого гос. природн. биосфер зап.-ка. Вып. 2. – Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2012. – С. 103–119.

*Завадская, А. В.* Геоэкологические аспекты развития рекреационного природопользования на особо охраняемых природных территориях камчатского края: автореф. дис. ... канд. географ. наук: 25.00.36 / А. В. Завадская. – М.: Географ. фак-т МГУ им. М. В. Ломоносова, 2012. – 27 с.

*Звонкова, Т. В.* Прикладная геоморфология / Т. В. Звонкова. – М.: Высшая школа, 1970. – 273 с.

Каталог термальных источников Камчатки и Курильских островов // Гидрогеология СССР. Т. XXIX. Камчатка, Курильские и Командорские острова. – М.: Недра, 1972. – 364 с.

*Лобкова, Л. Е.* Роль биологических компонентов в экосистемах термальных полей Узона и Долины Гейзеров и некоторые аспекты охраны термальных биогеоценозов / Л. Е. Лобкова, Е. Г. Лобков // Сохранение биоразнообразия Камчатки и прилегающих морей : Мат. III научн. конф. – Петропавловск-Камчатский : Изд-во КамчатНИРО, 2003. – С. 258–262.

*Лозе, Ж.* Толковый словарь по почвоведению / Ж. Лозе, К. Матье. – М.: Изд-во Мир, 1998. – 398 с.

*Мирицхулава, Ц. Е.* Размыв русел и методика оценки их устойчивости / Ц. Е. Мирицхулава. – М.: Изд-во МГУ, 1967. – 180 с.

*Мосолов, В. И.* Долина гейзеров и туризм: последствия и перспективы рекреационного освоения / В. И. Мосолов // Растительный и животный мир Долины гейзеров. – Петропавловск-Камчатский : Камч. печ. двор, Книжн. изд-во, 2002. – С. 283–296.

*Нешатаева, В. Ю.* Растительность полуострова Камчатка / В. Ю. Нешатаева. – М.: Т-во науч. изданий КМК, 2009. – 537 с.

Оценка состояния и устойчивости экосистем. – М.: ВНИИ природа, 1992. – 127 с.

*Пийп, Б. И.* Термальные ключи Камчатки / Б. И. Пийп. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1937. – 268 с.

*Полякова, Г. А.* Антропогенное влияние на сосновые леса Подмоскovie / Г. А. Полякова, М. Г. Малышева, Б. И. Флеров. – М.: Наука, 1981. – 144 с.

*Роде, А. А.* Почвоведение / А. А. Роде, В. Н. Смирнов. – М.: Высшая школа, 1972. – 480 с.

Соколов, И. А. Вулканизм и почвообразование / И. А. Соколов. – М. : Наука, 1973. – 224 с.

Чернягина, О. А. Термальные ключи Камчатки как места обитания видов растений, занесенных в «Красные Книги» России и региона / О. А. Чернягина, В. Е. Кириченко // Мат. ежегодн. конф., посвящ. дню вулканолога. – Петропавловск-Камчатский : Изд-во ИВиС ДВО РАН, 2007. – С. 247–255.

Чернягина, О. А. Флора термальных местообитаний Камчатки / О. А. Чернягина // Тр. КИЭП ДВО РАН. – Вып. 1. – Петропавловск-Камчатский : Камчат. печатн. двор. Книжн. изд-во, 2000. – С. 198–228.

Чижова, В. П. Рекреационные ландшафты: устойчивость, нормирование, управление / В. П. Чижова. – Смоленск : Ойкумена, 2011. – 176 с.

Чижова, В. П. Рекреационные нагрузки в зонах отдыха / В. П. Чижова. – М. : Лесная промышленность, 1997. – 49 с.

Яблоков, В. М. Геоинформационное моделирование температурного поля гидротермальных систем (на примере долины р. Гейзерной) / В. М. Яблоков, А. В. Завадская // Геодезия и картография. – № 3, 2013. – С. 25–32.

Cole, D. N. Experimental trampling of Vegetation. II. Predictors of Resistance and Resilience / D. N. Cole // Journal of Applied Ecology, 1995. – V. 32. – Pp. 215–224.

Hammitt, W. E. Wildland recreation: ecology and management, 2nd ed. / W. E. Hammitt, D. N. Cole – New York : John Wiley, 1998. – 361 p.

Holmes, D. O. Ecological Carrying Capacity Research: Yosemite National Park. Part I. The Effect of human trampling and urine on subalpine vegetation – a survey of past and present backcountry use and the ecological carrying capacity of wilderness / D. O. Holmes, H. E. M. Dobson. – U. S. Department of Commerce, National Technical Information Service. – Springfield, VA, 1976.

---

## ДИСТАНЦИОННЫЕ МЕТОДЫ В ИЗУЧЕНИИ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДОЛИНЫ ГЕЙЗЕРОВ

### РЕЗУЛЬТАТЫ СПУТНИКОВОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЪЁМКИ В ДОЛИНЕ ГЕЙЗЕРОВ В 2009 ГОДУ

*М. Н. Аникушкин<sup>1</sup>, А. В. Леонов<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>ООО «Триметари», e-mail: amn@trimetari.com*

*<sup>2</sup>Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН  
e-mail: a.leonov@ihst.ru*

В работе представлены результаты спутниковой геодезической съёмки в Долине гейзеров в 2009 г. Определены координаты 12 характерных точек на местности (контрастная разметка вертолётных площадок, отдельно стоящие камни, стыки и границы настильных троп) в мировой системе координат WGS84 с точностью 0,1–0,5 м. Приведено описание характерных точек на снимке и на местности, а также результаты вычисления их относительных и абсолютных координат.

**Ключевые слова:** спутниковая геодезическая съёмка, привязка к мировым координатам, Долина гейзеров, Кроноцкий заповедник

#### **Введение**

Район Долины гейзеров на Камчатке (Кроноцкий государственный природный биосферный заповедник) активно изучается исследователями из разных областей науки (Сугробов и др., 2009). Очередная активизация исследований в этом районе началась после оползня 2007 г. Для наглядного представления и эффективного анализа результатов исследований необходима основа: крупномасштабная топографическая карта (топооснова) или трёхмерная (3D) модель территории высокого разрешения (геопространственная основа).



GPSприёмники, которые позволяют определить точное геопространственное положение, сегодня общедоступны и активно используются исследователями. Это накладывает дополнительное требование к основе: а именно, она должна быть точно привязана к мировым координатам, чтобы данные, которые учёные получают в результате полевых работ с использованием GPSпозиционирования, можно было легко и быстро переносить на эту основу.

До недавнего времени единственной крупномасштабной основой для района Долины гейзеров были топографические карты масштаба 1 : 2 000 и 1 : 10 000, созданные стереофотограмметрическим способом в 1970-х годах (Географическая карта... 1974; Географическая карта... 1978). Эти карты составлены в условных координатах не имеют привязки к мировым координатам, а после оползня 2007 года уже не отражают актуальное состояние рельефа в районе Долины гейзеров.

Современная геопространственная основа для района Долины гейзеров была создана в 2009–2011 гг. в рамках проекта «Виртуальная Долина гейзеров» (Алейников и др., 2011). Для создания 3D-модели территории высокого разрешения был использован мультиспектральный спутниковый снимок GeoEye-1 от 06.09.2009 г. с пространственным разрешением 0,5 м, а также пара панхроматических спутниковых снимков Cartosat от 19.09.2007 г. с пространственным разрешением 2,5 м.

Для точной привязки спутникового снимка GeoEye-1 (далее – «снимок») к мировой системе координат, авторами в 2009 г. была выполнена спутниковая геодезическая съёмка и определение координат характерных точек земной поверхности. Работа была выполнена в рамках экспедиции в Долину гейзеров 17–24.09.2009 г., организованной АНО «Институт физико-технической информатики» при поддержке ФГБУ «Кроноцкий государственный заповедник» и Института вулканологии и сейсмологии (ИВиС) ДВО РАН, а также частичной финансовой поддержке РФФИ (проекты 09-07-06042-г, 09-07-02100-э\_к). Результаты этой работы представлены в данной статье.

Отметим, что ещё до выполнения этой работы в Лаборатории геодезии и дистанционных методов исследований ИВиС ДВО РАН также была создана 3D-модель части территории Долины гейзеров, затронутой оползнем (Двигало, Мелекесцев, 2009), которая использовалась для расчёта объёма оползня 2007 г. Эта модель не имеет привязки к мировым координатам, исходными картами для получения опорных точек служили в основном карты масштаба 1 : 10 000.

### **Материалы и методы исследований**

Задачей данной работы был выбор характерных точек на местности, надежно дешифрируемых на снимке с точностью до пикселя, и определение абсолютных координат выбранных точек в мировой системе координат WGS84 с точностью не хуже разрешения снимка (0,5 м).

Методическая сложность выполнения работы заключалась в невозможности предварительной подготовки опознавательных знаков на местности из-за статуса заповедной территории. В качестве характерных точек можно было использовать только имеющиеся элементы инфраструктуры (домики, тропы, вертолётные площадки), либо природные объекты (например, отдельно стоящие камни).



**Рис. 1.** Точка P001. Верхняя вертолётная площадка (на пригорке рядом с кордоном). Юго-восточный угол контрастной разметки, нанесённый краской на металл. Внешнее острие угла



**Рис. 2.** Точка P002. Каменистое сухое русло ручья на левом борту Долины гейзеров, примерно в 250 м к востоку от северо-восточного края стенки отрыва оползня 2007 г. Крупный камень на склоне. Оконечность камня, обращённая вниз по течению (юго-западная)



**Рис. 3.** Точка Р003. Нижняя вертолётная площадка. Северный угол контрастной разметки, нанесённый краской на металл. Внешнее острие угла



**Рис. 4.** Точка Р004. Рядом с местом впадения р. Гейзерная в р. Шумная, на левом берегу, примерно в 30 м к северо-востоку от воронки Первенца. Серый камень под откосом, центр камня



**Рис. 5.** Точка Р005. Плотины подпрудного озера. Примерно в 25 м от юго-западной границы озера и в 15 м от левого берега р. Гейзерная. Жёлтый камень, крайний с востока в цепочке камней. Южная оконечность камня



**Рис. 6.** Точка Р006. Кордон Глухой. Т-образный стык настила от туалетов с настилом, соединяющим домики. Северный угол стыка. Точка Р006 находится за пределами снимка, на снимке с GoogleEarth дешифровать расположение настила от туалетов невозможно, расположение точки Р006 показано примерно



**Рис. 7.** Точка Р007. Вертолётная площадка в старом лагере на р. Сестрѐнка. Место, где тропа пересекает правый приток р. Сестрѐнка. Южный край камня на вертолётной площадке



**Рис. 8.** Точка Р008. Т-образный стык настилов в Долине гейзеров: спуск к нижней смотровой площадке и отвод на вторую снизу смотровую площадку. Верхний (т. е. южный, дальний от реки) угол стыка. На снимке дешифрируется плохо



**Рис. 9.** Точка Р009. Дальняя вертолётная площадка (по тропе на левый борт Долины гейзеров). Северо-восточный угол контрастной разметки, нанесѐнный краской на дощатый настил. Внешнее острие угла



**Рис. 10.** Точка Р010. Т-образный стык настилов в Долине гейзеров: отвод к смотровой площадке у Красного грязевого котла и кольцевая настильная тропа. Северный угол стыка



**Рис. 11.** Точка P011. Смотровая площадка напротив Витража и Великана, на правом берегу р. Гейзерная. Северо-западный угол настила



**Рис. 12.** Точка P012. Домик в Долине Смерти. Настил возле домика. Восточная оконечность настила (ближняя к обрыву в сторону Долины Смерти). Северный угол

Для измерений использовался двухчастотный геодезический GPS-приёмник Trimble 5700 с антенной TrimbleZephyrGeodetic. Съёмка в каждой точке выполнялась от 1 до 3,5 ч. Обработка данных выполнялась в дифференциальном режиме с опорными базовыми станциями Камчатского филиала Геофизической службы (КФ ГС) РАН MIL1 (пос. Мильково, 105 км от места измерений) и Геофизической службы РАН PETS (г. Петропавловск-Камчатский, 185 км от места измерений), координаты которых приведены в таблице 1. Координаты базовых станций и данные GPS с этих станций за необходимый период времени были любезно предоставлены КФ ГС РАН.

Сначала были вычислены вектора от базовых станций до характерных точек (табл. 2 и 3), а затем – координаты характерных точек (табл. 4).

GPSоборудование для выполнения работ предоставил А. В. Фролов (ООО «Навгеоком Инжиниринг», г. Москва). Вспомогательное оборудование предоставил В. Н. Двигало (ИВиС ДВО РАН). Провести полевые работы помог С. Б. Самойленко (ИВиС ДВО РАН). Консультации по обработке данных провёл Н. Н. Титков (КФ ГС РАН). Обработку данных и вычисление координат выполнил В. С. Мельников (ООО «Эффективные Технологии», г. Москва) с использованием программного обеспечения TrimbleBusinessCenter.

**Таблица 1.** Координаты базовых станций MIL1 и PETS в ITRF2005 (Бахтияров В. Ф., с.н.с. лаборатории геодинамических исследований КФ ГС РАН)

Имя	X и $\sigma(X)$	Y и $\sigma(Y)$	Z и $\sigma(Z)$	dX/dT и $\sigma(dX/dT)$	dY/dT и $\sigma(dY/dT)$	dZ/dT и $\sigma(dZ/dT)$	Дата
	м	м	м	м/год	м/год	м/год	
MIL1	-3440713,6382 0,0044	1349490,3383 0,0028	5180978,3061 0,0062	-0,0046 0,00056	0,0020 0,00036	-0,0076 0,00079	2008,500
PETS	-3580828,4630 0,0050	1399698,1230 0,0035	5072185,1212 0,0061	0,0009 0,00046	0,0070 0,00032	-0,0058 0,00056	2008,500

**Таблица 2.** Значения векторов от MIL1 до характерных точек

От	До	$\Delta X$ , м	$\Delta Y$ , м	$\Delta Z$ , м	$\sigma(\text{план})$ , м	$\sigma(Z)$ , м	S, м
MIL1	P001	-56228,68	-86052,47	-15436,30	0,02	0,02	103946,96
MIL1	P002	-57482,11	-87515,31	-15534,18	0,02	0,02	105850,99
MIL1	P003	-56207,04	-86170,12	-15414,79	0,01	0,03	104029,50
MIL1	P004	-56518,33	-85157,45	-16036,89	0,02	0,05	103456,73
MIL1	P005	-56193,30	-85760,18	-15592,94	0,08	0,07	103709,38
MIL1	P006	-51321,18	-80550,40	-13307,46	0,02	0,02	96432,97
MIL1	P007	-54374,44	-85206,03	-14184,32	0,10	0,07	102067,84
MIL1	P008	-56084,52	-86386,98	-15340,93	0,01	0,04	104132,26
MIL1	P009	-56457,66	-86587,22	-15431,75	0,02	0,05	104512,93
MIL1	P010	-56143,11	-86388,78	-15369,43	0,01	0,03	104169,52
MIL1	P011	-56037,93	-86516,44	-15291,79	0,02	0,04	104207,40
MIL1	P012	-54921,60	-90217,96	-13062,79	0,01	0,02	106425,08

**Таблица 3.** Значения векторов от PETS до характерных точек

От	До	$\Delta X$ , м	$\Delta Y$ , м	$\Delta Z$ , м	$\sigma(\text{план})$ , м	$\sigma(Z)$ , м	S, м
PETS	P001	83886,02	-136260,27	93356,86	0,30	0,08	185254,49
PETS	P002	82632,76	-137723,06	93258,99	0,06	0,04	185723,05
PETS	P003	83907,69	-136377,89	93378,34	0,02	0,04	185361,66
PETS	P004	83596,40	-135365,23	92756,24	0,02	0,05	184162,49
PETS	P005	83921,42	-135967,99	93200,19	0,07	0,08	184976,68
PETS	P006	88793,57	-130758,29	95485,62	0,10	0,05	184660,58
PETS	P007	85740,32	-135413,86	94608,80	0,02	0,03	186115,93
PETS	P008	84030,34	-136594,99	93452,25	0,03	0,05	185614,14
PETS	P009	83657,03	-136794,96	93361,47	0,02	0,06	185547,09
PETS	P010	83971,60	-136596,54	93423,74	0,02	0,04	185574,35
PETS	P011	84076,87	-136724,20	93501,37	0,11	0,11	185755,04
PETS	P012	85193,17	-140425,74	95730,35	0,02	0,02	190109,35

Точность координат базовых станций в таблице 1, с учетом их смещения в 2008–2009 гг., находится в пределах 2 см. Точность вычисления векторов в таблицах 2 и 3 находится в пределах 10 см. Точность определения положения самих точек на местности находится в пределах от 1 см (разметка вертолётных площадок) до примерно 0,5 м (края камней). Соответственно, погрешность определения координат в таблице 4 составляет для разных точек от 0,1 до 0,5 м.

**Таблица 4.** Координаты характерных точек в ITRF2005 и проекции этих координат на референс эллипсоид WGS84

Точка	X	Y	Z	Широта (С)	Долгота (В)	Высота, м
P001	-3496942,38	1263437,86	5165541,99	54°26'08,65392"	160°08'07,15094"	539,884
P002	-3498195,73	1261975,05	5165444,12	54°25'48,86943"	160°09'47,07891"	857,047
P003	-3496920,73	1263320,23	5165563,49	54°26'10,64539"	160°08'12,88013"	522,284
P004	-3497232,02	1264332,89	5164941,39	54°25'42,18841"	160°07'25,92004"	386,736
P005	-3496906,99	1263730,14	5165385,34	54°26'03,97014"	160°07'51,23476"	450,868
P006	-3492034,85	1268939,89	5167670,80	54°28'00,76026"	160°01'47,30094"	679,122
P007	-3495088,11	1264284,28	5166793,95	54°27'10,50282"	160°06'48,00553"	711,733
P008	-3496798,14	1263103,25	5165637,37	54°26'17,00737"	160°08'21,89083"	472,452
P009	-3497171,37	1262903,14	5165546,58	54°26'07,85341"	160°08'39,36553"	563,225
P010	-3496856,81	1263101,58	5165608,87	54°26'15,03463"	160°08'23,08375"	481,030
P011	-3496751,58	1262973,91	5165686,50	54°26'20,23933"	160°08'27,76220"	461,397
P012	-3495635,26	1259272,39	5167915,49	54°28'02,81973"	160°11'19,97674"	934,322

### **Заключение**

Полученные результаты были использованы для точной привязки спутникового снимка GeoEye-1 от 06.09.2009 г. к мировым координатам. Привязку снимка по характерным точкам с учётом цифровой модели

рельефа выполнил А. А. Алейников (ИТЦ «СканЭкс», г. Москва). Таким образом, была создана современная геопространственная основа для района Долины гейзеров, которую можно использовать для различных научных и экпросветительских задач.

Результаты работы могут быть использованы для точной привязки к мировым координатам любых спутниковых снимков и аэрофотоснимков района Долины гейзеров, на которых дешифруются данные характерные точки. Методика работы может использоваться для выполнения аналогичных работ.

### **Литература**

*Алейников, А. А.* Интерактивное 3D-приложение «Виртуальная Долина гейзеров» / А. А. Алейников и др. // Компьютерные инструменты в образовании. – 2011. – № 4. – С. 41–49.

Географическая карта «Долина гейзеров», 2 листа. Масштаб 1 : 2 000. – ГУГК. – 1974.

Географическая карта «Долина гейзеров», 2 листа. Масштаб 1 : 1 0 000. – НИИГАиК. – 1978.

*Двигало, В. Н.* Геолого-геоморфологические последствия катастрофических обвалных и обвално-оползневых процессов в камчатской Долине Гейзеров (по данным аэрофотограмметрии) / В. Н. Двигало, И. В. Мелекесцев // Вулканология и сейсмология. – 2009. – № 5. – С. 24–37.

*Сугробов, В. М.* Жемчужина Камчатки – Долина гейзеров / В. М. Сугробов и др. – Петропавловск-Камчатский : Камчатпресс, 2009. – 108 с.

## **О РЕЗУЛЬТАТАХ ПРОЕКТА «ВИРТУАЛЬНАЯ ДОЛИНА ГЕЙЗЕРОВ»**

*А. В. Леонов*

*Институт истории естествознания и техники*

*им. С. И. Вавилова РАН*

*a.leonov@ihst.ru*

В 2009 г. был анонсирован проект создания общедоступной виртуальной модели Долины гейзеров (Кроноцкий заповедник). В статье представлены результаты проекта, достигнутые к началу 2013 г., и пути его дальнейшего развития.



**Ключевые слова:** виртуальная модель, Долина гейзеров, Кроноцкий заповедник

### **Введение**

Идея создания общедоступной виртуальной модели Долины гейзеров возникла у автора в конце 2008 г. Предполагалось создание модели, которая могла бы использоваться как для виртуального туризма, так и для научных задач (визуализация и анализ данных). Проект получил широкую поддержку\*. История его реализации описана в статье (Юрчук, 2012).

К настоящему моменту успешно выполнены все главные задачи, анонсированные при старте проекта. Создана виртуальная модель территории района Долины гейзеров, каталог основных объектов, набор документальных стереовидеофильмов, интерактивная трёхмерная (3D) презентация «Виртуальная Долина гейзеров» с поддержкой стереорежима, а также общедоступный сайт.

В статье кратко представлены результаты проекта, рассмотрена методика работы, дана оценка новизны полученных результатов. В заключение даны предложения по дальнейшему развитию проекта.

### **Результаты и их обсуждение**

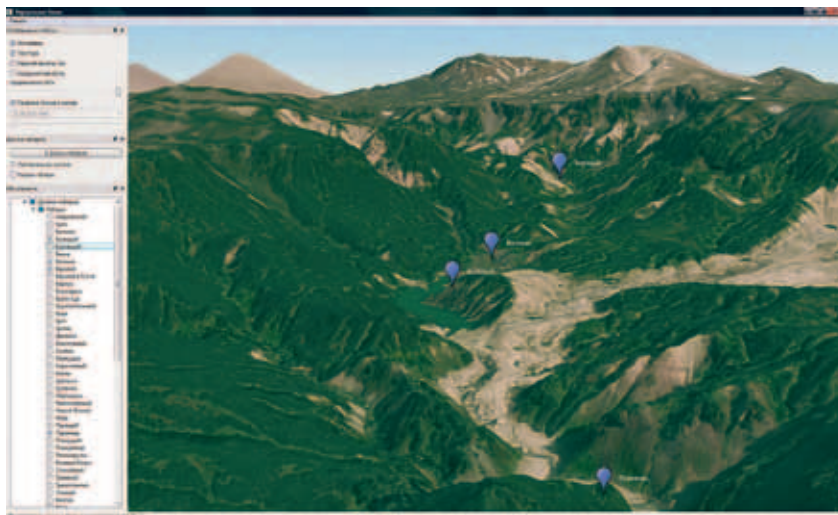
1. Создана виртуальная модель территории Долины гейзеров высокого разрешения на базе свободно доступного виртуального глобуса. В том числе созданы цифровые модели рельефа для района Долины гейзеров по состоянию на 1978, 1993 и сентябрь 2007 г. Сделан спутниковый снимок GeoEye-1 от 06.09.2009 г. высокого разрешения (0,5 м), выполнена точная привязка этого снимка к мировой системе координат WGS84. Создан виртуальный глобус на основе открытых данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), обеспечен свободный доступ к этому глобусу через сеть Интернет. На глобус внедрены данные ДЗЗ высокого разрешения для района Долины гейзеров (рис. 1, 2).

---

\* Поддержку проекту оказали ряд организаций, включая ФГБУ «Кроноцкий государственный заповедник», Институт вулканологии и сейсмологии (ИВиС) ДВО РАН, Камчатский филиал Геофизической службы (КФ ГС) РАН, Институт истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова (ИИЕТ) РАН, АНО «Институт физико-технической информатики» (ИФТИ), ООО «ИТЦ „СканЭкс“», РФФИ (проекты 09-07-06042-г, 09-07-02100-э\_к, 10-07-00407-а), GeoEyeFoundation.

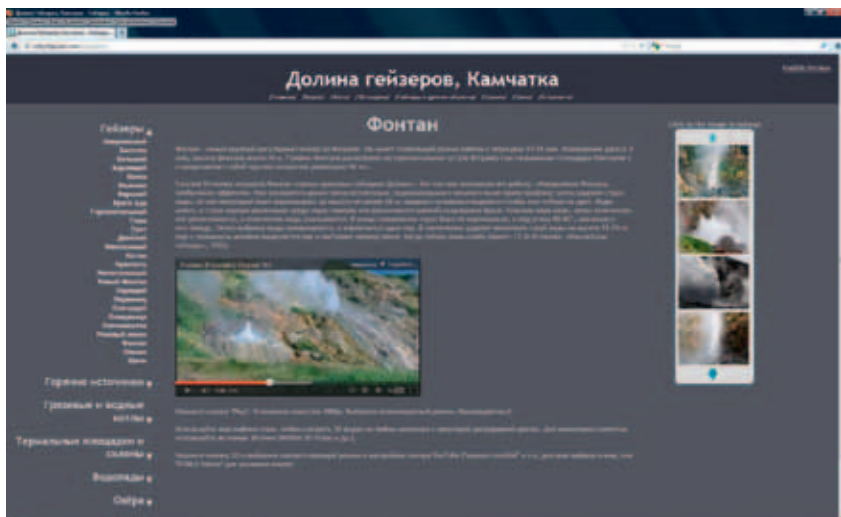


**Рис. 1.** Виртуальный глобус, общий вид Камчатского полуострова



**Рис. 2.** Виртуальная модель территории Долины гейзеров

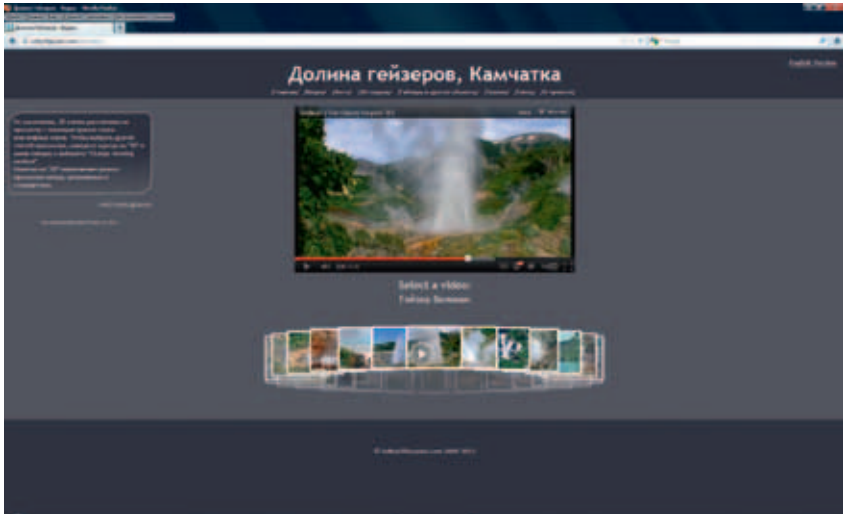
2. Создан каталог объектов Долины гейзеров с описанием, фотографиями и координатами 127 основных объектов (научный консультант – в. н. с. ИВиС ДВО РАН, к. г.-м. н. В. М. Сугробов). Каталог опубликован в виде монографии в 2012 г. (Леонов, 2012а), а также представлен на сайте проекта (рис. 3).



**Рис. 3.** Каталог основных объектов Долины гейзеров на сайте проекта

3. Выполнена документальная стерео-видеосъемка наиболее известных гейзеров, источников и других достопримечательностей. Создан набор стереовидеофильмов в формате StereoFullHD(2x1920x1080) в двух вариантах частоты кадров (25 и 50 кадров/сек). Фильмы свободно доступны на сайте проекта (рис. 4).

4. Создана интерактивная 3D-презентация «Виртуальная Долина гейзеров», которая обеспечивает свободный доступ к виртуальной модели территории и информации о достопримечательностях. Презентация связана с базой данных сайта, дополнена интерактивными элементами и 3D-моделями разных объектов. Презентация демонстрируется в музее Кроноцкого заповедника (г. Елизово, Камчатский край) и на Постоянно действующей выставке достижений РАН (г. Москва), а также доступна для всех желающих на сайте проекта (рис. 5, 6).



**Рис. 4.** Набор документальных стерео-видеофильмов на сайте проекта

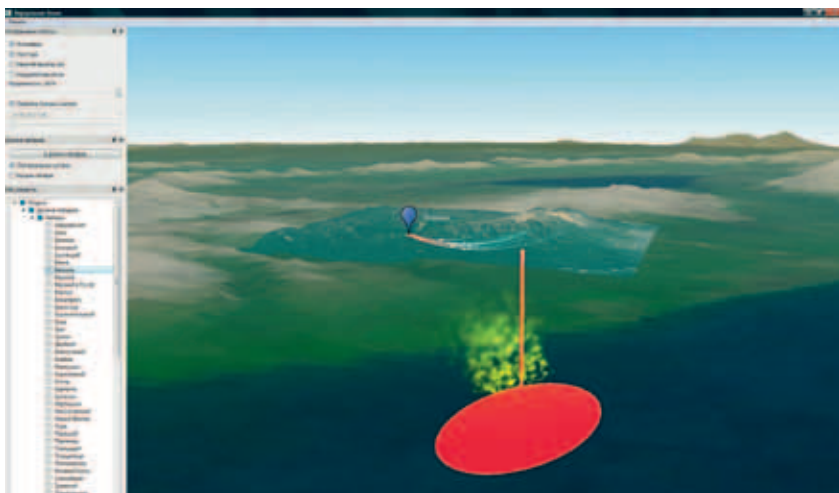


**Рис. 5.** Центральная часть Долины гейзеров в интерактивной презентации

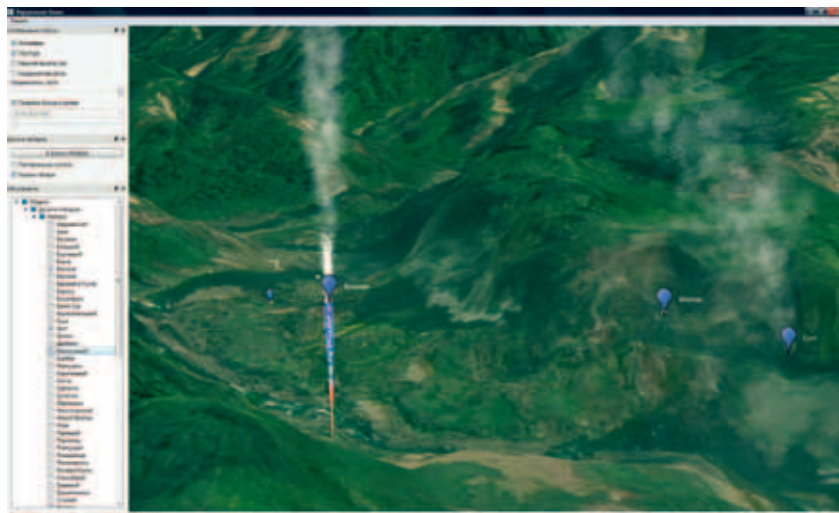


**Рис. 6.** 3D-модели объектов в интерактивной презентации

В презентации поддержана 3D-визуализация подземных данных. В частности, выполнена анимация принципиальной схемы геотермальной системы и скважинной модели работы гейзера (научный консультант – в. н. с. ИВиС ДВО РАН к. т. н. В. А. Дрознин) (рис. 7, 8).



**Рис. 7.** Принципиальная схема геотермальной системы



*Рис. 8. Скважинная модель работы гейзера*

5. Создан общедоступный сайт о Долине гейзеров на русском и английском языках ([www.valleyofgeysers.com](http://www.valleyofgeysers.com)).

### **Материалы и методы исследований**

Проект в целом основан на концепциях неогеографии и виртуального окружения. Идея неогеографии подразумевает использование виртуальной модели территории и Земли в целом (виртуального глобуса) с мировой системой координат для представления разнородных данных в едином географическом контексте. Идея виртуального окружения подразумевает демонстрацию виртуальной модели объекта и связанных с ней данных в интерактивном стереоскопическом режиме, обеспечивающем «погружение» пользователя в пространство модели и интуитивную манипуляцию данными.

Практическое применение обеих концепций для конкретной задачи – виртуальной модели Долины гейзеров – потребовало решения ряда технических и методических задач. Во-первых, потребовалось провести существенное развитие программного инструментария виртуального глобуса, включая поддержку полупрозрачного рельефа и отображения подземных данных, корректный импорт и отображение

наземных данных в формате KeyholeMarkupLanguage (KML), поддержку модульного меню с развитой функциональностью управления, реализацию эффективного онлайн-доступа к спутниковому покрытию (как к открытым данным ДЗЗ, так и к данным высокого разрешения). Во-вторых, потребовалось решить методическую задачу обеспечения двух режимов отображения виртуальной модели: для стереоскопических проекционных систем «виртуального окружения» и для массового использования в сети Интернет с доступом к единой базе данных.

Для создания цифровых моделей рельефа применялись традиционные методы фотограмметрии, однако потребовалась их адаптация для спутниковой съёмки высокого разрешения и конкретного типа аэрофотосъёмки, которые использовались в качестве исходных данных. Для определения координат характерных точек на местности и привязки спутникового снимка высокого разрешения к мировой системе координат WGS84 использовалась спутниковая геодезическая съёмка (в дифференциальном режиме с опорными базовыми станциями КФ ГС РАН). Методическая сложность выполнения этой работы заключалась в невозможности предварительной подготовки опознавательных знаков на местности из-за статуса заповедной территории, а также в большом удалении базовых станций от места измерений (105 и 185 км).

Создание каталога объектов потребовало решения таких методических задач, как выбор основного названия объекта (в тех случаях, когда известно несколько названий); классификация термопроявлений (разграничение гейзеров и горячих источников); выработка единых правил написания составных названий на русском языке; выработка методики передачи имён собственных на иностранном языке.

Стерео-видеосъёмка и особенно обработка и монтаж отснятого материала в стереорежиме представили целый ряд технических и методических сложностей, которые удалось удовлетворительно решить только к последнему году реализации проекта.

Таким образом, в ходе выполнения проекта потребовалось искать новые и оригинальные решения целого ряда разноплановых методических и технических задач. Полученный опыт, безусловно, может эффективно применяться при выполнении аналогичных проектов.

### **Оценка новизны полученных результатов**

Виртуальная модель территории, созданная в ходе выполнения проекта, является новой как по охвату и разрешению (280 кв. км с разре-

шением цифровой модели рельефа 2,5 м и с разрешением спутникового покрытия 0,5 м), так и по точности привязки к мировой системе координат WGS84 (не хуже 0,5 м) (Леонов и др., 2011). До выполнения проекта в качестве крупномасштабной топографической основы для района Долины гейзеров исследователями использовались карты масштаба 1 : 2 000 и 1 : 10 000, созданные в 1970-х гг. и не имеющие привязки к мировым координатам.

В ходе выполнения проекта впервые создан официальный каталог объектов Долины гейзеров. Каталог содержит современные фотографии и координаты всех основных объектов, названия объектов на русском и английском языках. До выполнения проекта существовал целый ряд описаний Долины гейзеров разных авторов, но все они описывали состояние объектов до оползня 2007 г. и имели различия между собой. Каталог был единогласно одобрен и рекомендован к публикации Учёным советом ИВиС ДВО РАН и Научно-техническим советом ФГБУ «Кроноцкий государственный заповедник» и опубликован в 2012 г. (Леонов, 2012а, 2012б).

В ходе выполнения проекта впервые выполнена документальная стерео-видеосъёмка достопримечательностей Долины гейзеров. До выполнения проекта стерео-видеосъёмки камчатских гейзеров не существовало. Первая попытка стерео-видеосъёмки была предпринята в 2009 г. в рамках проекта РФФИ 09-07-02100-э\_к, однако полученный материал был неудовлетворительным по качеству. В 2011 г. стерео-видеосъёмка была выполнена заново на более современном оборудовании (видеокамера JVC GS-TD1BEU), отснято более 7 ч. материала, на основе которого смонтировано 25 стерео-видеофильмов о наиболее интересных гейзерах, источниках и других объектах.

Интерактивная 3D-презентация «Виртуальная Долина гейзеров», разработанная в ходе проекта, представляет собой инновационный инструментарий визуализации и анализа данных (Алейников и др., 2011). Она может использоваться как средство научной визуализации для эффективного междисциплинарного взаимодействия специалистов, изучающих данный район, а также как средство научного образования и экологического просвещения, в том числе школьного. Наиболее близким функциональным аналогом являются анимированные презентации на основе виртуальных глобусов типа GoogleEarth. Созданное приложение обеспечивает более широкую функциональность по сравнению с аналогами (показ подземных данных, использование произвольных моделей рельефа, отображение в стереорежиме и др.).



Все перечисленные выше результаты проекта представлены в открытом доступе в сети Интернет, а также переданы в музей Кроноцкого заповедника.

Созданный сайт о Долине гейзеров [www.valleyofgeysers.com](http://www.valleyofgeysers.com) является новым по количеству и качеству представленного материала. До выполнения проекта в сети Интернет не существовало научно-популярного информационного ресурса, целиком посвященного Долине гейзеров, несмотря на значительный интерес к этому природному объекту. Сайт существует с 2009 г. и к настоящему времени был просмотрен более 100 тыс. раз. При поиске в поисковых системах Google и Yandex (по запросам "Valley of Geysers" и «Долина гейзеров» соответственно) сайт занимает второе место в результатах поиска после Википедии.

В целом, результатом проекта стало 3D-документирование крупного природного объекта и создание его виртуальной модели («виртуального природного наследия», Virtual Natural Heritage) (Леонов, 2012с; Леонов и др., 2012). Результаты проекта опубликованы в ряде зарубежных изданий (Leonovetal, 2010; Leonovetal, 2011; Leonov, Hobart, 2011; Leonov, 2012; Leonov, 2013), а также на сайте Geo Eye Foundation (Satellite... 2012).

### **Заключение**

В результате осуществления проекта создана общедоступная виртуальная модель Долины гейзеров, которая может использоваться для задач научной визуализации, экологического образования и виртуального туризма. Подготовлены исходные данные (модель территории, каталог объектов, стерео-видеосъемка), обеспечено общедоступное представление этих данных (сайт, 3D-презентация).

Создан гибкий программный инструментарий для визуализации данных на виртуальном глобусе. Обеспечена возможность свободного развития этого инструментария за счёт использования открытого программного обеспечения и общепринятых форматов данных.

В дальнейшем развитии этого проекта, по мнению автора, следует обратить внимание на следующие направления:

1. Повышение реалистичности модели территории для центральной части Долины гейзеров. Для этого, прежде всего, необходимо проведение профессиональной аэрофотосъемки, которая даст исходные данные для построения более точной цифровой модели рельефа.

2. Наполнение модели историческими и современными данными, представляющими интерес для демонстрации и анализа. В частности,

перенос в модель векторных данных из традиционных геоинформационных систем (ГИС) и применение к ним дополнительных эффектов.

3. Наполнение модели 3D-данными, полученными с помощью современной техники: эхолотов (рельеф дна озёр, строение каналов термальных источников), георадаров (подземное строение), сейсмозондирования и др., их комплексный анализ.

4. Визуализация данных на основе модели в режиме реального времени. Например, визуализация активности гейзеров на основе информации, поступающей с датчиков; визуализация маршрутов перемещения животных с GPS-трекерами.

5. Применение разработанного инструментария для других районов заповедника. Основным требованием здесь является наличие данных ДЗЗ высокого разрешения, которые позволяют создать визуально реалистичную модель территории.

Автор выражает искреннюю благодарность всем участникам проекта (<http://valleyofgeysers.com/rus/team>).

## **Литература**

*Алейников, А. А.* Интерактивное 3D-приложение «Виртуальная Долина гейзеров» / А. А. Алейников и др. // Компьютерные инструменты в образовании. – 2011. – № 4. – С. 41–49.

*Леонов, А. В.* 3D-документирование территории для систем виртуальной реальности / А. В. Леонов и др. // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2012. – № 9. – С. 13–17.

*Леонов, А. В.* Виртуальное моделирование территории на основе данных дистанционного зондирования / А. В. Леонов и др. // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъёмка. – 2011. – № 2. – С. 46–52.

*Леонов, А. В.* Использование данных ДЗЗ для создания «виртуального наследия» / А. В. Леонов // Земля из космоса – наиболее эффективные решения. – 2012. – № 15. – С. 55–61.

*Леонов, А. В.* Каталог основных объектов Долины гейзеров (Кроноцкий заповедник, Камчатка) / А. В. Леонов / Электронное издание, номер государственной регистрации 0321200426. – М. : ИИЕТРАН, 2012. – 217 с.

*Леонов, А. В.* Систематизация названий основных объектов в районе Долины гейзеров (Кроноцкий заповедник, Камчатка) / А. В. Леонов // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. – 2012. – № 1. – Вып. № 19. – С. 215–230.

*Юрчук, Л.* Камчатский «Аватар» / Л. Юрчук // Дальневосточный учёный. – № 1 (1443) – 2012. – 18 янв.

*Leonov, A.* 3D Documentation of Natural Heritage for Virtual Environments and Web-Case Study: Valley of Geysers, Kamchatka / A. Leonov et al. // Proc. of the IADIS

International Conference CGVCVIP 2011. – IADIS Press, 2011. – ISBN: 978-972-8939-48-9 – P. 255–259.

*Leonov, A.* Cataloging of Geysers in Kamchatka's Valley of Geysers / A. Leonov // The Geyser Gazer Sput. The Newsletter of The Geyser Observation and Study Association (ISSN 1524-5497). – 2013 (Vol. 27). – February (No. 1). – In press.

*Leonov, A.* The Valley of the Geysers – Twenty Years After the GOSA Expedition / A. Leonov, J. Hobart / A. Leonov // The Geyser Gazer Sput. The Newsletter of The Geyser Observation and Study Association (ISSN1524-5497). – 2011 (Vol. 25). – December (No. 6). – P. 17–18.

*Leonov, A.* Virtual Story in Cyberspace: Valley of Geysers, Kamchatka / A. Leonov, et al. // Proc. of 2010 International Conference on Cyberworlds. – IEEE CS CPS, 2010. – DOI 10.1109/CW.2010.42 – P. 247–253.

*Leonov, A.* Virtual Valley of Geysers / A. Leonov // The Geyser Gazer Sput. The Newsletter of The Geyser Observation and Study Association (ISSN 1524-5497). – 2012 (Vol. 26). – February (No. 1). – P. 12–15.

Satellite Imagery Used to Create a Virtual Model of Russia's Famous Valley of Geysers in the Kronotsky Reserve / GeoEye Foundation Case Study, 2012. ([http://geoeye.mediaroom.com/file.php/195226/Valley\\_of\\_Geysers\\_8\\_29\\_12.pdf](http://geoeye.mediaroom.com/file.php/195226/Valley_of_Geysers_8_29_12.pdf))

Научное издание

**ТРУДЫ**  
КРОНОЦКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПРИРОДНОГО  
БИОСФЕРНОГО ЗАПОВЕДНИКА

*Выпуск III*

Ответственный редактор А. П. Никаноров  
Корректор Ж. Максимова  
Оригинал-макет Н. Скидан

Подписано в печать 27.06.2014 г.  
Формат 60 x 84/16. Бумага офсетная.  
Гарнитура «Myriad Pro». Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 13,3. Тираж 500 экз. Заказ № 10008728.

Отпечатано в ООО «СТП».  
394033, г. Воронеж, Ленинградский пр-т, 119а, корпус 5.