

РАЗДЕЛ VII. МЕХАНИЗМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГЕЙЗЕРОВ И КАТАСТРОФИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ГИДРОТЕРМАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

CHAPTER VII: THE FUNCTIONING MECHANISM OF GEYSERS AND CATASTROPHIC PROCESSES IN HYDROTHERMAL SYSTEMS

УДК 551.23; 528.9

Формирование Веб-ГИС в качестве инструмента накопления, визуализации и анализа данных о геотермальных объектах Узон-Гейзерной кальдеры (Кроноцкий заповедник)

Е.С. Шитц

*ФГБУ «Кроноцкий государственный заповедник», Елизово, Россия
esshits@gmail.com*

В данной статье рассматривается применение геоинформационных систем в процессе изучения уникальных геотермальных объектов на территории Узон-Гейзерного района Кроноцкого государственного заповедника (Камчатский край). Описаны природные особенности Узон-Гейзерной кальдеры. Рассматривается внедрение такого инструмента как Веб-ГИС в процесс изучения, накопления и анализа данных о природных объектах и явлениях в пределах изучаемой местности.

Ключевые слова: геоинформационные системы, ГИС, Веб-ГИС, гейзеры, Кроноцкий заповедник, кальдера Узон, долина реки Гейзерной

Formation of Web-GIS as a Tool of Accumulation, Visualization and Data Analyzing of Geothermal Objects of the Uzon-Geyzernaya Caldera (Kronotsky Reserve)

Ekaterina S. Shitts

FSBI «Kronotsky state reserve», Elizovo, Russia

This article discusses the use of geographic information systems in the process of studying unique geothermal objects in the Uzon-Geyserny district of the Kronotsky State Nature Reserve (Kamchatka Krai). The natural features of the Uzon-Geyzernaya caldera are described. The introduction of such a tool as Web-GIS in the process of studying, accumulation and analyzing data on natural objects and phenomena within the study area is considered.

Keywords: geographic information systems, GIS, Web-GIS, geysers, Kronotsky Nature Reserve, Uzon caldera, Geyzernaya River valley

Введение

В настоящее время геоинформационное картографирование становится неотъемлемой частью исследований в области наук о Земле. Современные технологии позволяют вырабатывать новые, более совершенные алгоритмы, которые обеспечивают удобный, доступный формат создания, редактирования и накопления геоданных. Одной из основополагающих задач научного отдела Кроноцкого заповедника является обеспечение максимальной непрерывности исследований для формирования общей картины протекания различных природных процессов и явлений на особо охраняемой природной территории. Ежегодно формируемая и представляемая в качестве основного результата деятельности научных сотрудников заповедника, приглашенных специалистов книга «Летопись природы» являет собой незаменимый ресурс для получения общих кратких сведений о том, в каких

областях науки в заповеднике год за годом проводятся исследования. Но если говорить о возможности изучить, посмотреть исходные данные и оперативно поработать с ними – это довольно непросто и проблематично.

В 2024 году было принято решение попробовать создать для Кроноцкого заповедника Web-GIS – геоинформационная система в сети Интернет, которая будет служить для внутреннего пользования учреждения и помогать сотрудникам при исполнении рабочих задач. Для сотрудников научного отдела это открывает большие возможности относительно перспектив удобного хранения, визуализации и анализа данных об объектах исследования.

Объекты исследования

Геотермальные объекты на территории заповедника со дня своего открытия находятся под пристальным вниманием научного сообщества, поэтому накопление и анализ данных по данной теме представляет собой особо важную составляющую работы научного отдела. Район исследования - Узон-Гейзерная вулканотектоническая депрессия, являющаяся частью Восточно-Камчатского вулканического пояса. Депрессия включает в себя два всемирно известных природных объекта: Долину Гейзеров и кальдеру Узон, где как раз и расположены главные объекты изучения – гейзеры. Гейзерная гидротермальная система приурочена к восточной краевой части Узон-Гейзерной депрессии. После разрушения юго-восточного борта депрессии (9–12 тыс. лет назад) за счет эрозии долины реки начался интенсивный дренаж гидротермальной системы, вызвавший снижение давления в области ее разгрузки.

Особенность Узон-Гейзерной кальдеры, в особенности долины реки Гейзерной в их динамичности, подвижности из-за множества факторов. К этим факторам относятся: геологическая позиция (приуроченность Долины к борту Узон-Гейзерной кальдеры, наличие вложенных в кальдеру и прислоненных к ее борту озерных отложений), морфология склонов (преобладание крутых уступов, связанных с подмывом склонов реками и ручьями), присутствие многочисленных тектонических трещин, региональное искривление земной поверхности (по некоторым данным, поверхность в районе Верхне-Гейзерного термального поля поднимается на 4 см в год). Из-за совокупности и взаимосвязи этих факторов происходят катастрофические обвалы, оползни и селевые потоки (1982, 1985, 2007, 2014 гг.), инициированные гидротермальными и магматическими процессами (*Завадская и др., 2015*). Создание геоинформационной системы, включающей накопление, визуализацию и анализ данных о геотермальных объектах и катастрофических геологических процессах в Узон-Гейзерной кальдере – один из важных этапов на пути к формированию более глубокого понимания механизма гидротермальной деятельности, популяризации полученных знаний и обеспечению безопасности туристской инфраструктуры.

Исходные данные

В Долине Гейзеров с 2007 г. осуществляется непрерывный мониторинг гидрогеологического режима с целью выявления динамики изменений после катастрофического оползня 3.06.2007 и селя 3.01.2014 г на гейзерах Великан, Большой, устье р. Гейзерной, дискретное опробование одиннадцати основных режимных гейзеров и источников, а также непрерывный мониторинг цикличности гейзера Мутный (Шаман) в кальдере Узон (с 08.2012 г.) (*Откидач, 2024*). Сбор данных на протяжении многих лет осуществляется научными сотрудниками ИВиС ДВО РАН (*Kiryukhin et al, 2011, 2016, 2018, 2020, 2022, 2023*), в результате чего создан непрерывный ряд данных в Летописи природы Кроноцкого заповедника. Полученные результаты исследований легли в основу создания базы геоданных об изменениях режимов работы гейзеров.

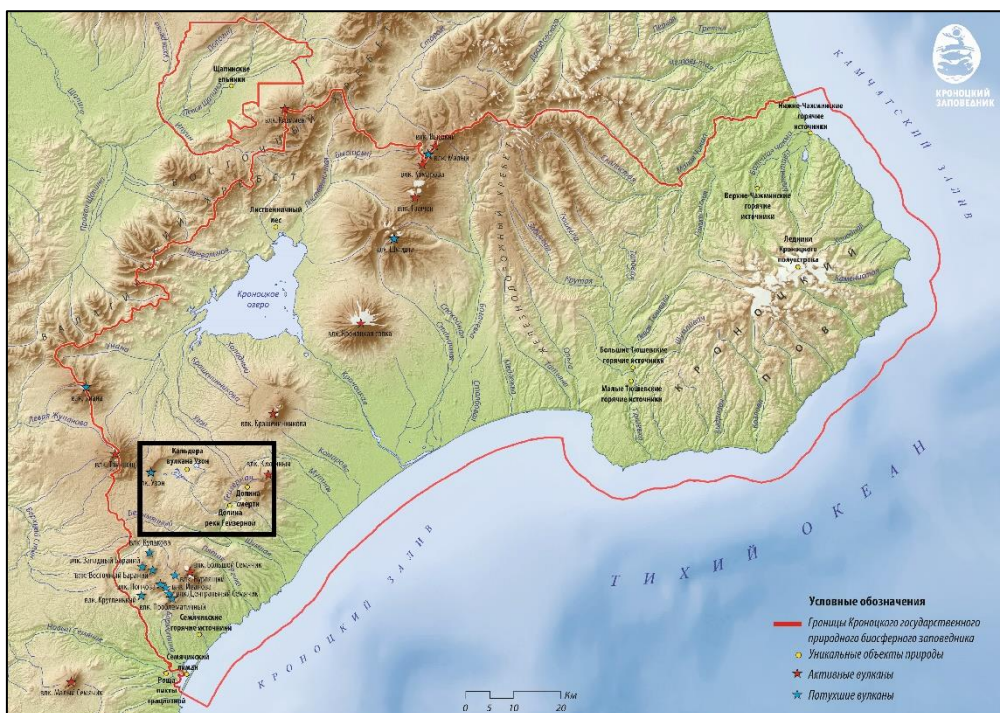


Рисунок 1 – Расположение района исследования на территории Кроноцкого заповедника

Методы исследования и программное обеспечение

Работа выполняется с помощью программного обеспечения NextGIS – компания разрабатывает программное обеспечение и предлагает решения для выполнения проектов с применением ГИС в самых различных отраслях. Для ООПТ компания NextGIS даже сформировала особый программный комплекс, учитывая особенности работы природоохранных учреждений. В данной работе использовались два продукта – настольное приложение NextGIS QGIS и серверная ГИС NextGIS Web.

Весь процесс работы с данными можно поделить на несколько этапов. Первоначально в программе NextGIS QGIS создавался векторный слой в формате шейп-файла, при его создании ключевой информацией была информация о точном местоположении того или иного гейзера. Часть гейзеров уже была оцифрована и находилась в цифровых архивах Кроноцкого заповедника; для некоторых гейзеров необходимо было получить информацию о координатах и добавить их в векторный слой.

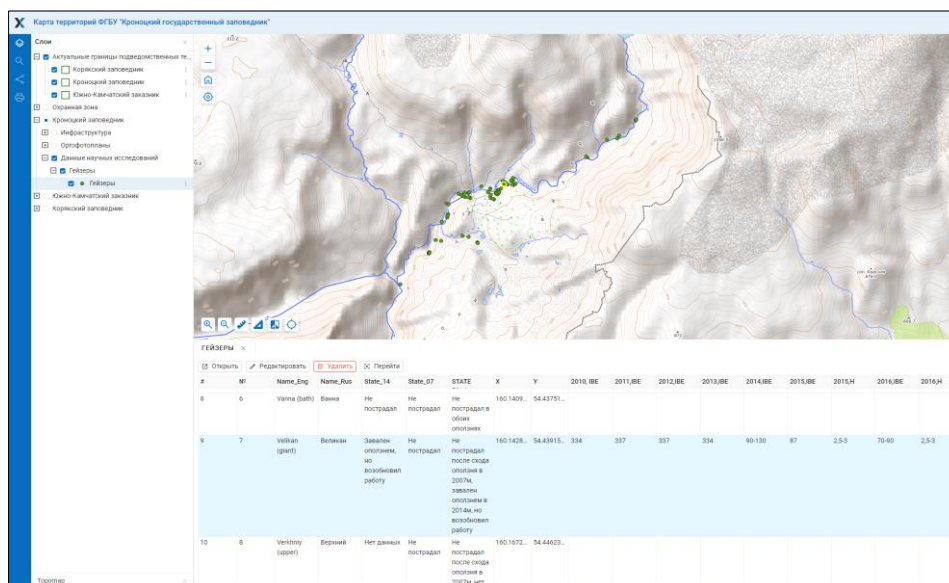


Рисунок 2 – Пример визуализации данных на платформе NextGIS Web

Следующим этапом стало создание атрибутивной таблицы с параметрами режима работы гейзеров по годам, начиная с 2010 года. Эти данные были взяты из Летописи природы Кроноцкого заповедника. Среди вносимых в таблицу параметров отражены: температура, средний расход воды, высота извержения и интервал между извержениями. Данные из настольного приложения NextGIS QGIS были экспортированы в серверную ГИС заповедника NextGIS Web, где был произведен ряд операций по добавлению слоя и настройкам отображения слоя с данными о гейзерах на веб-карте. На выходе мы получаем инструмент визуализации, изучения и анализа, а также редактирования данных.

Выводы

Проделанная работа по геотермальным объектам создала основу для дальнейших действий, в будущем планируется постоянное редактирование, обновление, добавление новых данных. Цифровизация, в том числе широкое внедрение ГИС с каждым днем все больше внедряются в работу природоохранных учреждений, и наша задача – формировать максимально удобное и комфортное для использования пространство цифровых данных для того, чтобы продолжать изучать и осуществлять охрану уникальных природных объектов.

Список литературы

1. *Завадская А.В.* Атлас долины реки Гейзерной в Кроноцком заповеднике / *А.В. Завадская и др.* // М. КРАСАНД, 2015. 88 с.
2. *Откидач М.С.* Летопись природы Кроноцкого заповедника В 2-х т. Т.1. / ред. *М.С. Откидач* / Елизово, 2024. 172 с.
3. *Kiryukhin A.V.* Hydrothermal system in Geysers Valley (Kamchatka) and triggers of the Giant landslide / *A.V. Kiryukhin, T.V. Rychkova, I.K. Dubrovskaya* // Appl. Geochem. J. 27, 2012. 1753–1766
4. *Kiryukhin A.* Modeling and observations of geyser activity in relation to catastrophic landslides–mudflows (Kronotsky nature reserve, Kamchatka, Russia)/ *A. Kiryukhin* // Journal of Volcanology and Geothermal Research. 2016. 323. P. 129-147.
5. *Kiryukhin A.* Geysers Valley CO₂ Cycling geological Engine (Kamchatka, Russia) / *A. Kiryukhin, V. Sugrobov, E. Sonnenthal* // Geofluids Journal. 2018. 1963618.
6. *Kiryukhin A.* A CO₂–Driven Gas Lift Mechanism in Geyser Cycling (Uzon Caldera, Kamchatka) / *A. Kiryukhin, G. Karpov* // Geosciences 2020. 10. 180. DOI: 10.3390/geosciences10050180
7. *Кирюхин А.В.* Моделирование условий формирования проницаемых каналов гейзеров в районах кислого вулканизма / *А.В. Кирюхин, Т.В. Рычкова, А.В. Сергеева* // Вулканология и сейсмология. 2020. № 2. С. 3–16.
8. *Поляков А.Ю., Кирюхин А.В.* Устройство для отбора неконденсированного газа из каналов гейзеров (выдан патент № 0195670 (RU 0195670 U1)).
9. *Кирюхин А.В.* Геотермофлюидомеханика гидротермальных, вулканических и углеводородных систем // Санкт-Петербург : Эко-Вектор Ай-Пи, 2020. 431 с.
10. *Kiryukhin A.V.* Dynamics of natural discharge of the hydrothermal system and geyser eruption regime in the Valley of Geysers, Kamchatka / *A.V. Kiryukhin, A.Y. Polyakov, N.B. Zhuravlev, N. Tsuchiya, T.V. Rychkova, O.O. Usacheva, I.K. Dubrovskaya* // Applied Geochemistry. 136, 2022. Article ID 105166.
11. *Kiryukhin A.V.* Modeling of the thermal-hydrodynamic and chemical regime of Geyser reservoir (Valley of Geysers, Kamchatka) / *A.V.Kiryukhin, A.V.Sergeeva, O.O.Usacheva* // Geothermics. 2023. Vol. 115. P. 102808.