

УДК 528.92:55(571.151)

DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-6-131-140

Разработка веб-ГИС «Отложения ордовикского периода северо-востока Горного Алтая»

С. Ю. Кацко^{1*}, Д. А. Ильин¹, М. А. Карасюк¹

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация
*e-mail: s.katsko@ssga.ru

Аннотация. В настоящее время активно проводятся исследования выходов пород ордовикского возраста на территории Алтайских гор. Одним из методов геологических исследований является использование геоинформационных технологий. В свободном для исследователей доступе можно найти только схемы и картосхемы без координатной привязки на территорию Горного Алтая. В статье рассматривается проблема отсутствия в свободном доступе тематических цифровых карт, необходимых для исследователей Алтая, изучающих геологию и палеонтологию ордовикского периода. Результаты исследования включают в себя описания геологических разрезов ордовикского возраста, включая координаты выходов пород ордовикского периода и описание литологии и таксономического состава фаунистических групп. Для веб-ГИС подготовлена картографическая основа, разработана структура базы данных, нанесены элементы тематического содержания. В качестве программного продукта для публикации разработанной веб-ГИС была выбрана серверная геоинформационная система NextGIS Web.

Ключевые слова: веб-ГИС, NextGIS Web, геоинформационное картографирование, цифровые тематические карты, Горный Алтай

Введение

В последние годы проводится множество исследований пород ордовикского возраста на территории гор Алтая. Полученные результаты используются учеными, основной научный интерес которых включает геологию и палеонтологию геологического периода Ордовик.

Большое количество научных работ по указанному направлению опубликовано сотрудниками Института нефтегазовой геологии и геофизики (ИНГГ) СО РАН, лаборатории палеонтологии и стратиграфии палеозоя [1–7].

Исследования, представленные в работах [1–7], выполнены с использованием геологических методов. Для дальнейшего изучения геологических выходов горных пород необходимо применять геоинформационные технологии. Однако на сегодняшний день картографический материал, содержащий информацию о выходах пород ордовикского возраста, отсутствует. Для проведения исследо-

ваний доступны только картосхемы без привязки к географическим координатам.

В представленной работе показан процесс создания веб-ГИС, содержащей картографический материал и атрибутивную информацию о результатах исследований пород ордовикского возраста на территории Горного Алтая.

Авторами были поставлены и решены следующие задачи:

- проанализированы результаты геологической съемки и картографирования территории Горного Алтая;
- проведено исследование геологических разрезов ордовикского возраста;
- подготовлена веб-ГИС, содержащая информацию о выходах ордовикских пород Горного Алтая.

Методы и материалы

Основным исходным материалом для представленного исследования послужили образцы с палеонтологической фауной, со-

бранные автором в ходе полевых работ в составе палеозойского стратиграфического отряда ИНГГ СО РАН [1–7]. В проанализированных работах описаны результаты исследований в Алтае-Саянской складчатой области, на северо-востоке Горного Алтая. На рис. 1 представлен район работ.



Рис. 1. Район работ
(Алтае-Саянская складчатая область,
северо-восток Горного Алтая)

Рельеф и геологическое строение были описаны во время геологической съемки и картографирования района исследования. Затем были проведены расчистка, зарисовка и измерение ордовикских разрезов. После этого исследовался таксономический состав фаунистических групп.

Горная систем Алтая имеет ярко выраженную ступенчатость, абсолютные отметки высот возрастают с северо-запада на юго-восток. Вследствие этого в Горном Алтае можно выделить низкогорные, среднегорный и высокогорный высотные пояса.

Если рассматривать орографию Горного Алтая, то можно выделить пять районов: Центральный, Южный, Северо-Западный, Восточный и Северо-Восточный.

Выходы ордовика на северо-востоке Горного Алтая приурочены к крыльям Лебедского прогиба в бассейне рек Лебедь, Байгол, Тандошка, Тулой. Ордовикские отложения образуют два пространственно разобщенных поля, вытянутых субмеридионально и осложненных дополнительной складчатостью. Северо-западное крыло Лебедского прогиба осложнено структурой второго порядка – Тандошинской антиклиналью. В ядре антиклинали вскрываются осадки нижнего и среднего кембрия, залегающие полого (углы падения от 5 до 20–30°), крылья сложены ордовикскими отложениями, которые имеют крутые углы падения – 40–50, местами 60°. Ось антиклинали падает на северо-восток, и в районе р. Лебедь кембрийские отложения погружаются под отложения ордовика. В ордовикском разрезе Уйменско-Лебедской структурно-фациальной зоны выделены карасинская, ишпинская, гурьяновская, тулойская и чеборская свиты. Общая мощность разреза около 3 000 м.

Геологическое картографирование представляет собой научно-методическую геологическую дисциплину. Оно исследует и использует различные способы выявления и изображения геологического строения местности. В России данный вид работ носит централизованный характер и проводится на основе общепринятых инструкций и методик.

В настоящее время одним из важнейших направлений в геологическом картографировании является обновление государственной геологической карты Российской Федерации масштаба 1 : 1 000 000 (третье поколение).

Учитывая современный уровень развития геоинформационных технологий, процесс создания карт сегодня не обходится без геоинформационных систем и иных специализированных компьютерных методов. Благодаря этому можно наблюдать рост большого числа геофизических, аэрокосмических и других научных исследований, выполненных с использованием ГИС-технологий [8].

Сегодня в России ведется составление более 40 типов карт различного геологического содержания. К числу таких карт относятся следующие: тектонические, глубинного геологического строения, стратиграфические (геологические), четвертичных отложений и др.

Геологическая съемка является основным методом геологического изучения отдельных районов и страны в целом. При помощи геолого-съёмочных работ осуществляются поиски полезных ископаемых и выявляются закономерности в их размещении. Геологическая съемка является также основой научно-исследовательских работ, связанных с развитием различных отраслей геологической науки. Комплексные геолого-съёмочные работы сопровождаются геоморфологическими, гидрогеологическими, геофизическими, инженерно-геологическими, топографическими, поисково-разведочными, геохимическими и другими исследованиями. Основными масштабами геологической съемки являются 1 : 1 000 000, 1 : 500 000, 1 : 200 000 и 1 : 50 000.

Геолого-съёмочные работы в организационном отношении производятся в следующей последовательности: проектирование и составление плана работ; организационный или подготовительный период; полевой период – производство полевых работ; приемка полевых материалов и составление предварительного отчета; камеральная обработка материалов съемки и составление окончательного отчета.

Самым важным в работе является период полевых работ – геологическая съемка. Полевые геолого-съёмочные работы начинаются с изучения геологических разрезов, выбранных на основании изучения имеющихся литературных и отчетных (фондовых) материалов и характеризующих наиболее полно весь геологический разрез данного района.

Такой разрез составляют на основании данных детального (в зависимости от масштаба съемки) изучения всех пород, наблюдаемых в естественных и искусственных обнажениях, с подробной документацией пород и тщательными за мерами элементов за

легания и подсчетами истинных мощностей пластов.

В процессе проведения маршрута топологические наблюдения ведут непрерывно, а не в отдельных точках (обнажениях, горных выработках).

Все наблюдения подробно описывают в полевых записных книжках, и установленные в результате наблюдений геологические границы обозначают на топографической карте. Геологическую карту составляют непосредственно в процессе геологической съемки путем непрерывного наращивания заснятой площади, широко применяя при этом предварительные графические построения (выходы пластов на поверхность, построенные профили, подсчеты измеренных мощностей по известным истинным для определения местоположения границ свит и пластов на карте и местности и др.) с неременной последующей проверкой и уточнением результатов этих построений непосредственно на месте.

Картографирование производится по обнажениям, простиранию пород, вкрест простирания пород или по направлению наибольшей изменчивости литологического состава пород. Размещение точек наблюдений на местности и направление геологических маршрутов зависят от сочетания методов проведения съемки и детальности изучения района. Опорные и маркирующие горизонты или пласты, а также важнейшие тектонические контакты прослеживаются обязательно по простиранию с неременными за мерами их элементов залегания.

В тех случаях, когда в районе съемки имеется покров четвертичных образований, для геологического картографирования приходится проводить горно-разведочные выработки (расчистки, канавы, шурфы и скважины) для того, чтобы вскрыть коренные породы.

Геологическое изучение осадочных, вулканических и метаморфических толщ основывается на принципе их стратиграфического расчленения до яруса или свиты включительно в зависимости от степени детальности съемки.

Магматические образования расчленяются по возрастному и петрографическому признакам.

В результате проведения геологической съемки составляют карту геологического строения района. На ней, помимо стратиграфического комплекса отложений, указывают элементы тектоники, основные этапы истории геологического развития района, фактические данные о полезных ископаемых [9, 10].

Геологическое содержание карты заключается в изображении стратифицированных осадочных, вулканогенных и метаморфических свит, различных по возрасту и литологическому составу.

Все геологические границы, обозначаемые на карте, должны отражать степень их достоверности, и поэтому при помощи условных обозначений выделяются установленные (наблюдаемые непосредственно в поле) и предполагаемые границы (на основе общих геологических соображений). Элементы залегания пластов, контакты свит и тектонические нарушения наносят на карту в количестве, достаточном для понимания геологического строения района.

Возраст пород обозначают на карте при помощи индексов и цветной общепринятой окраски; литологическую характеристику пород изображают штриховкой и крапом по типовым образцам. За рамками геологической карты помещают стратиграфическую колонку отложений с подробным стратиграфическим и литологическим подразделением всего комплекса отложений, наблюдаемых в пределах границ карты.

Рассмотрим описание, литологию и фаунистический состав разреза Тозодов.

Разрез Тозодов описан Н. В. Сенниковым в 2018 г. Он расположен в Прителецкой структурно-фациальной зоны (СФЗ) на правом борту одноименного ручья. Мощность обнаженной части разреза около 150 м. Мощность сероцветной терригенной тозодовской толщи не менее 120 м, а красноцветной иогачской толщи не менее 30 м.

Подробное описание ордовикских пород в разрезе Тозодов представлено в работе [11].

Описание, литология и фаунистический состав разрезов Самыш и Бия представлены в работе [12].

Результаты

Основным результатом исследования является веб-ГИС «Отложения ордовикского периода северо-востока Горного Алтая». Этапы создания веб-ГИС включают в себя подготовку картографической основы, разработку структуры базы данных, нанесение элементов тематического содержания и публикацию в NextGIS Web.

Генерализация – это процесс создания карт мелкого масштаба по картам крупного масштаба. Этот метод активно применяется как в традиционной, так и в веб-картографии. В процессе составления карты важно произвести выборку объектов и упростить их изображение на мелкомасштабной карте.

Производится отбор основных, наиболее важных свойств и ярких особенностей объектов и явлений, отображаемых на карте, в соответствии с ее назначением [13–15].

На основании литературных и картографических источников по теме исследования [1–10, 16] была разработана следующая структура базы данных (таблица).

Информационной основой веб-ГИС является база данных. Она содержит сведения о фаунистическом и литологическом составе, а также о мощности выхода пород ордовикского возраста в определенном разрезе.

Следует отметить, что традиционные подходы картографической генерализации не соответствуют требованиям веб-картографии, так как являются весьма трудозатратными и ресурсоемкими. При этом в веб-картографии применяют неполный набор методов генерализации объектов. Целая бригада специалистов-картографов может быть заменена одним-двумя специалистами, которые могут выступать в качестве исполнителя и редактора [17, 18].

Структура базы данных ордовикских разрезов Горного Алтая

Название слоя	Название поля	Тип поля	Тип объектов	Вид объектов	Отображение
границы	тип	символьное	линейные	границы субъектов РФ	
гидрография линейная	название	символьное	линейные	реки	
гидрография площадная	название	символьное	площадные	озера	
горизонтали	высота	целое	линейные	горизонтали	
пути сообщения	название	символьное	линейные	автомобильные дороги	
населенные пункты	название	символьное	точечные	населенные пункты	
геологические разрезы	название	символьное	точечные	геологические разрезы	
	координаты с. ш.	десятичное			
	координаты в. д.	десятичное			
отложения ордовика	система	символьное	площадные	геологические отложения ордовикского периода	
	отдел	символьное			
	ярус	символьное			
	свита	символьное			
	№ пачки	целое			
	мощность, м	целое			
	литология	символьное			
	моллюски	символьное			

Для реализации веб-ГИС необходимо использовать упрощенную генерализацию.

В частности, важно использовать следующие возможности ГИС:

- управление видимостью слоев;
- смена локализации;
- отбор по критериям;
- методы визуальной генерализации.

Реализация веб-ГИС подразумевает определенные взаимосвязанные шаги, от качества выполнения которых зависит итоговый результат работы.

Технологический процесс создания веб-ГИС состоит из этапов, представленных на рис. 2.

Рассмотрим основные этапы создания веб-ГИС «Отложения ордовикского периода северо-востока Горного Алтая».

1. На начальном этапе происходит сбор исходных картографических материалов, литературных и статистических источников.

Определяется математическая основа (масштаб карты и система координат), формируется библиотека условных обозначений. С помощью сервиса OpenStreetMap скачиваются файлы формата shape.

2. Непосредственная обработка картографической информации происходит на основном этапе технологического процесса. Она включает в себя генерализацию исходных данных, нанесение элементов тематического содержания, заполнение баз данных, определение порядка слоев, проверку, корректуру и оформление рабочего набора.

3. На заключительном этапе создания интерактивной геоинформационной системы осуществляется открытие готовой ГИС в QGIS, где происходит формирование проекта: выполняется оформление и контроль результатов путем проверки слоев на корректность отображения. После этого происходит публикация ГИС в NextGIS Web.

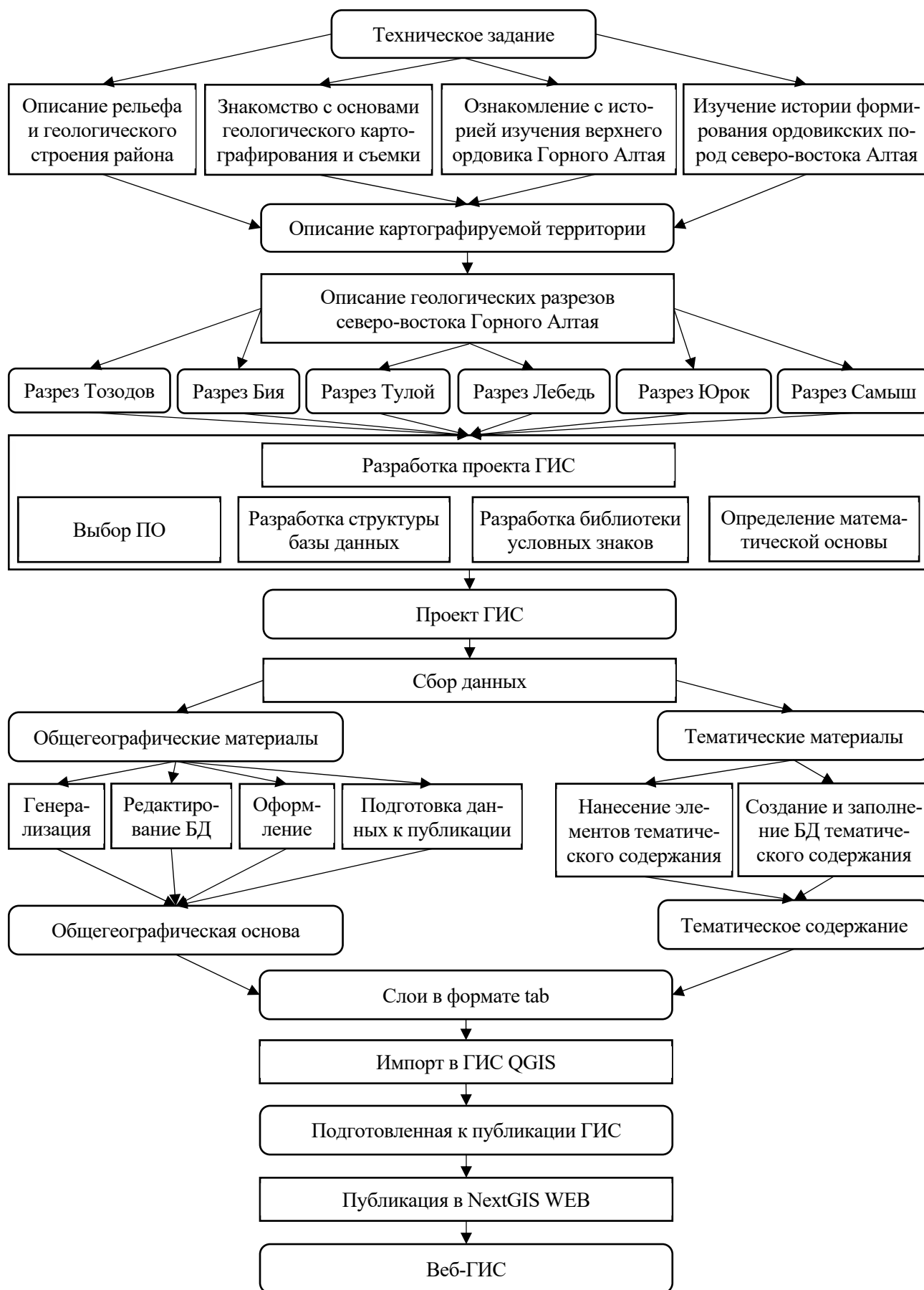


Рис. 2. Технологический процесс создания веб-ГИС

Результаты работ по созданию веб-ГИС:

1) общегеографическая основа:

а) слои формата shape;

б) масштаб карты 1 : 500 000;

в) система координат World Geodetic System 1984 (WGS-84);

г) выполнена генерализация элементов содержания и отредактированы таблицы атрибутов общегеографической основы;

2) тематическое содержание:

а) созданы атрибутивные таблицы тема-

тических слоев;

б) в таблицу атрибутов занесено описание разрезов;

в) нанесены элементы тематического содержания (исходные данные получены с сайта Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А. П. Карпинского);

3) сформирован проект в ГИС QGIS;

4) проект QGIS опубликован в NextGIS Web (рис. 3).

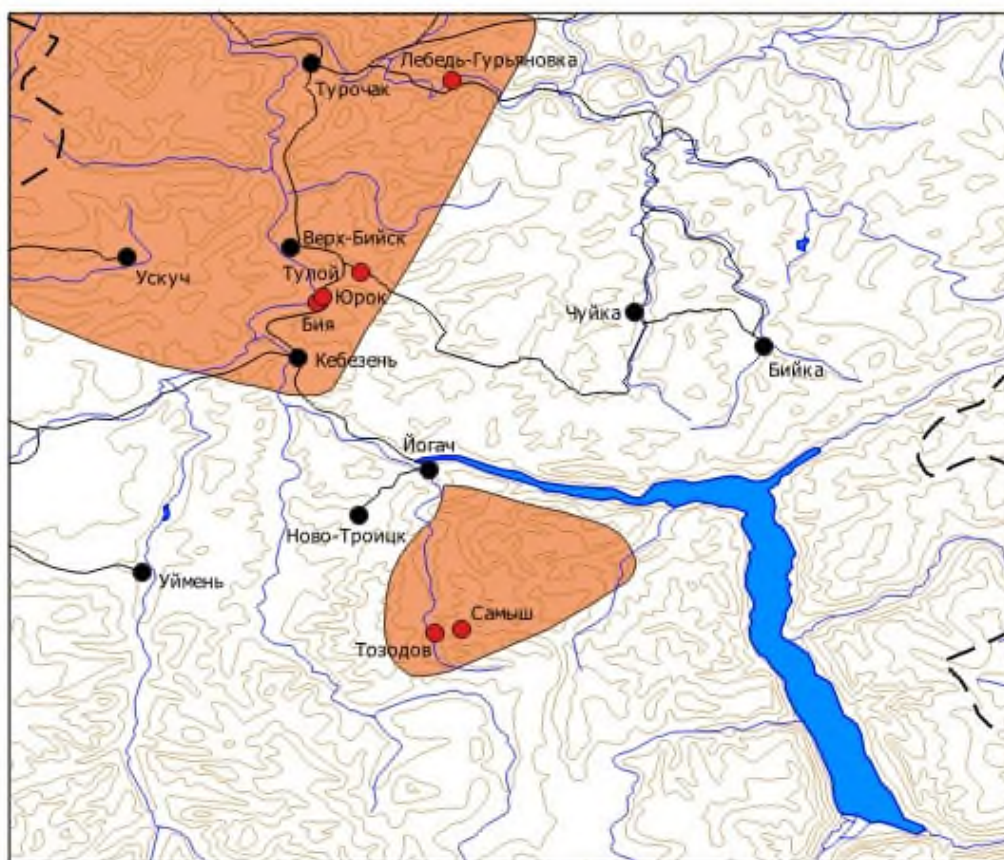


Рис. 3. Пример визуализации участка карты в веб-ГИС «Отложения ордовикского периода северо-востока Горного Алтая»

Заключение

Основным результатом настоящего исследования является разработанная веб-ГИС «Отложения ордовикского периода северо-востока Горного Алтая».

В ходе работы также были изучены геологические разрезы пород ордовикского возраста, рассмотрен таксономический состав фаунистических групп, получены коорди-

наты выходов ордовикских пород на территории Горного Алтая.

Разработанная веб-ГИС геологических отложений Горного Алтая может быть использована учеными, изучающими палеонтологию и геологию ордовикского периода, в том числе сотрудниками ИНГГ СО РАН, лаборатории палеонтологии и стратиграфии палеозоя. Тема также может быть интересна широкому кругу пользователей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сенников Н. В., Обут О. Т., Тимохин А. В. Новые данные по лито- и биостратиграфии среднего ордовика Прителецкого Алтая // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Недропользование. Горное дело. Направления и технологии поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Экономика. Геоэкология» : сборник материалов в 8 т. (18–20 мая 2022 г., Новосибирск). – Новосибирск : СГУГиТ, 2022. Т. 2, № 1. – С. 3–8. – DOI 10.33764/2618-981X-2022-2-1-3-8.
2. Сенников Н. В., Лыкова Е. В., Обут О. Т., Толмачева Т. Ю., Изох Н. Г. Новый ярусный стандарт ордовика и его применение к стратонам западной части Алтае-Саянской складчатой области // Геология и геофизика. – 2014. – Т. 55, № 8. – С. 1226–1246.
3. Сенников Н. В., Обут О. Т., Изох Н. Г., Киприянова Т. П., Лыкова Е. В., Толмачева Т. Ю., Хабибулина Р. А. Региональная стратиграфическая схема ордовикских отложений западной части Алтае-Саянской складчатой области (новая версия) // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. – 2018. № 5. – С. 15–53.
4. Сенников Н. В., Обут О. Т., Тимохин А. В., Модзалевская Т. Л., Гонта Т. В., Лыкова Е. В., Толмачева Т. Ю. Ордовикские фаунистические ассоциации и осадочные комплексы Прителецкой части Горного Алтая // Труды Палеонтологического общества. – М. : ПИН РАН, 2018. Т. 1. – С. 134–147.
5. Сенников Н. В., Обут О. Т., Тимохин А. В., Модзалевская Т. Л., Гонта Т. В., Лыкова Е. В. Фаунистические сообщества, литологические особенности и палеографические условия формирования ордовикских образований Прителецкой зоны Горного Алтая // Интегративная палеонтология: перспективы развития для геологических целей : материалы LXIII сессии Палеонтологического общества при РАН (г. Санкт-Петербург, 3–7 апреля 2017 г.). – СПб., 2017. – С. 136–137.
6. Сенников Н. В., Обут О. Т., Толмачева Т. Ю., Лыкова Е. В., Хабибулина Р. А. Верхний ордовик северо-востока Горного Алтая: строение и условия формирования // Геология и геофизика. – 2018. – Т. 59, № 1. – С. 89–107.
7. Shcherbanenko T. A. Brachiopods from Upper Ordovician sections northeast of the Gornyy Altai (Teletskoe Lakeside area) // 13th International Symposium on the Ordovician System: Contributions of International Symposium (Novosibirsk, Russia, July 19–22, 2019). – 2019. – P. 189–191.
8. Кузьмин А. Н., Кириков В. П., Лукьянова Н. В., Максимов А. В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 1 000 000 (третье поколение). Серия Центрально-Европейская. Лист N-37 – Москва. Объяснительная записка. – СПб. : Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2015. – 462 с. + 20 вкл.
9. Общая стратиграфическая шкала (ОШК), утвержденная Межведомственным стратиграфическим комитетом России (МСК) (Стратиграфический кодекс, 2019) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://geo.tsu.ru/content/news/files/2018-2019ОСШ_2019.jpg (дата обращения 06.06.2022).
10. Стратиграфический кодекс России. Издание третье, исправленное и дополненное. – СПб. : Изд-во ВСЕГЕИ, 2019. – 96 с.
11. Ильин Д. А., Кокорина И. П. Исследование геологических разрезов ордовикского возраста Горного Алтая // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVII Междунар. науч. конгр. : Магистерская научная сессия «Первые шаги в науке» : сб. материалов в 8 т. (19–21 мая 2021 г., Новосибирск). – Новосибирск : СГУГиТ, 2021. Т. 6 – С. 109–115. – DOI 10.33764/2618-981X-2021-6-109-115.
12. Кокорина И. П., Карасюк М. А., Ильин Д. А. Картографическое обеспечение исследований на геологических разрезах Горного Алтая // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения : сб. материалов V Национальной научно-практической конференции в 3 ч. (24–26 ноября 2021 г., Новосибирск). – Новосибирск : СГУГиТ, 2022. Ч. 2. – С. 51–56. – DOI 10.33764/2687-041X-2022-2-51-56.
13. Берлянт А. М. Геоинформационное картографирование. – М., 1997. – 64 с.
14. Капралов Е. Г., Кошкарев А. В., Тикунов В. С. и др. Геоинформатика : учебник для студ. вузов / Под ред. Тикунова В. С. – М. : Издательский центр «Академия», 2005. Т. 2. – 480 с.
15. Карпик А. П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территорий : монография. – Новосибирск : СГГА, 2004. – 260 с.
16. Логинов Д. С. Опыт создания прогнозно-минерагенических карт по открытым геолого-геофизическим данным в ГИС-среде // Вестник СГУГиТ. – 2022. – Т. 27, № 2. – С. 134–148. – DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-2-134-148.
17. Ковальчук А. К. Основы геоинформационных систем. – М. : Рудомино, 2009. – 206 с.
18. Лурье И. К. Геоинформационное картографирование : учебник для вузов. – М. : КДУ, 2008. – 424 с.

Об авторах

Станислав Юрьевич Кацко – кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной информатики и информационных систем.

Данил Андреевич Ильин – магистрант.

Максим Андреевич Карасюк – магистрант.

Получено 12.09.2022

© С. Ю. Кацко, Д. А. Ильин, М. А. Карасюк, 2022

Development of a methodology for geoinformation support for geological research of ordovician rocks of Gorny Altai

S. Yu. Katsko^{1*}, D. A. Ilyin¹, M. A. Karasyuk¹

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

*e-mail: s.katsko@ssga.ru

Abstract. At present, outcrops of Ordovician rocks in the territory of the Altai Mountains are being investigated. One of the methods of geological research is the use of geoinformation technologies. In free access for researchers, one can find only diagrams and maps without coordinate reference to the territory of the Altai Mountains. The article deals with the problem of the lack of free access to thematic digital maps for Altai researchers studying geology and paleontology of the Ordovician period. The results of the study of geological sections of Ordovician age are presented, the coordinates of outcrops of Ordovician rocks are obtained, and the lithology and taxonomic composition of faunal groups are described. For web-GIS, a cartographic basis was prepared, a database structure was developed, elements of thematic content have been plotted. A trial version of the NextGIS Web server geoinformation system was chosen as a software product for publishing the developed web-GIS.

Keywords: web-GIS, NextGIS Web, geoinformation cartography, digital thematic maps, Gorny Altai

REFERENCES

1. Sennikov, N. V., Obut, O. T., & Timokhin, A. V. (2022). New Data on Litho- and Biostratigraphy of the Middle Ordovician of the Teletsky Altai. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2022: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 2, no. 1. Nedropol'zovanie. Gornoe delo. Napravleniya i tekhnologii poiska, razvedki i razrabotki mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh. Ekonomika. Geoekologiya [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2022: International Scientific Conference: Vol. 2, No. 1. Subsoil Use. Mining. Directions and Technologies of Prospecting, Exploration and Development of Mineral Deposits. Economy. Geoecology]* (pp. 3–8). Novosibirsk: SSUGT Publ. [in Russian].
2. Sennikov, N. V., Lykova, E. V., Obut, O. T., Tolmacheva, T. Yu., & Izoh N. G. (2014). A new Ordovician stage standard and its application to the strata of the western part of the Altai-Sayan folded region. *Geologiya I geofizika [Scientific Journal Geology and Geophysics]*, 55(8), 1226–1246 [in Russian].
3. Sennikov, N. V., Obut, O. T., Izoh N. G., Kipriyanova, T. P., Lykova, E. V., Tolmacheva, T. Yu., & Khabibulina, R. A. (2018). Regional stratigraphic scheme of Ordovician deposits in the western part of the Altai-Sayan folded region (new version). *Geologia I mineralno-syryevyye resursy Sibiri [Geology and Mineral Resources of Siberia]*, No. S, 15–53 [in Russian].
4. Sennikov, N. V., Obut, O. T., Timokhin, A. V., Modzalevskaya, T. L., Gonta, T. V., Lykova, E. V., & Tolmacheva, T. Yu. (2018). Ordovician faunal associations and sedimentary complexes of the Teletskaya parts of Gorny Altai. In *Trudy Paleontologicheskogo obshchestva [Proceedings of the Paleontological Society]* (pp. 134–147). Moscow: PIN RAS Publ. [in Russian].
5. Sennikov, N. V., Obut, O. T., Timokhin, A. V., Modzalevskaya, T. L., Gonta, T. V., & Lykova, E. V. (2017). Faunistic communities, lithological features and paleogeographic conditions for the formation of Ordovician formations Near the Teletsk zone of Gorny Altai. In *Sbornik materialov LXIII sessii Paleontologicheskogo obshchestva pri RAN: Integrativnaya paleontologiya: perspektivy razvitiya dlya geologicheskikh tseley [Proceedings of the LXIII Session of the Paleontological Society of the Russian Academy of Sciences: Integrative*

Paleontology: Perspectives of Development for Geological Purposes] (pp. 136–137). St. Petersburg [in Russian].

6. Sennikov, N. V., Obut, O. T., Tolmacheva, T. Yu., Lykova, E. V., & Khabibulina, R. A. (2018). Upper Ordovician of the northeast of Gorny Altai: structure and conditions of formation. *Geologiya i geofizika [Geology and Geophysics]*, 59(1), 89–107 [in Russian].

7. Shcherbanenko, T. A. (2019). Brachiopods from Upper Ordovician sections northeast of the Gorny Altai (Teletskoe Lakeside area). *Contributions of 13th International Symposium on the Ordovician System* (pp. 189–191).

8. Kuzmin, A. N., Kirikov, V. P., Lukyanova, N. V., Maksimov, A. V., & et al. (2015). State geological map of the Russian Federation. Scale 1:1,000,000 (third generation). Series Central European. Sheet No. 37. Saint-Petersburg: VSEGEI Cartographic Factory, 462 p. [in Russian].

9. The General Stratigraphic Scale, approved by the Interdepartmental Stratigraphic Committee of Russia (Stratigraphic Code, 2019). Retrieved from https://geo.tsu.ru/content/news/files/2018-2019OSSH_2019.jpg [in Russian].

10. Stratigraphic Code of Russia. (2019). (3rd ed.). Saint-Petersburg: VSEGEI Publ. 96 p. [in Russian].

11. Ilyin, D. A., & Kokorina, I. P. (2021). Study of geological sections of the Ordovician age of Gorny Altai. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2021: Masterskaya nauchnaya sessiya "Pervye shagi v nauke": T. 6 [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2021: Master's Scientific Session "First Steps in Science": Vol. 6]* (pp. 109–115). Novosibirsk: SSUGT Publ. doi: 10.33764/2618-981X-2021-6-109-115 [in Russian].

12. Kokorina, I. P., Karasyuk, M. A., & Ilyin, D. A. (2022). Cartographic support of research on the geological sections of Gorny Altai. In *Sbornik materialov V Natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii: Ch. 2. Regulirovanie zemel'no-imushchestvennykh otnosheniy v Rossii: pravovoe i geoprostranstvennoe obespechenie, otsenka nedvizhimosti, ekologiya, tekhnologicheskie resheniya [Proceedings of the V National Scientific and Practical Conference: Part 2. Regulation of Land-Property Relations in Russia: Legal and Geospatial Support, Real Estate Assessment, Ecology, Technological Solutions]* (pp. 51–56). Novosibirsk: SSUGT Publ. doi 10.33764/2687-041X-2022-2-51-56 [in Russian].

13. Loginov, D. S. (2022). Experience in creating predictive mineralogical maps based on open geological and geophysical data in a GIS environment. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 27(2), 134–148 [in Russian]. DOI: 10.33764/2411-1759-2022-27-2-134-148.

14. Berlyant, A. M. (1997). *Geoinformatsionnoe kartografirovaniye [Geoinformation mapping]*. Moscow, 64 p. [in Russian].

15. Kapralov, E. G., Koshkarev, A. V., Tikunov, V. S., & et al. (2005). *Geoinformatika: T. 2 [Geoinformatics: Vol. 2]*. V. S. Tikunov (Ed.). Moscow: "Akademiya" Publ., 480 p. [in Russian].

16. Karpik, A. P. (2004). *Metodologicheskie i tekhnologicheskie osnovy geoinformatsionnogo obespecheniya territoriy [Methodological and technological foundations of geoinformation support for territories]*. Novosibirsk: SSGA Publ., 260 p. [in Russian].

17. Kovalchuk, A. K. (2009). *Osnovy geoinformatsionnykh system [Fundamentals of geoinformation systems]*. Moscow: "Rudomino" Publ., 206 p. [in Russian].

18. Lurie, I. K. (2008). *Geoinformatsionnoe kartografirovaniye [Geoinformation mapping]*. Moscow: KDU Publ., 424 p. [in Russian].

Author details

Stanislav Yu. Katsko – Ph. D., Associate Professor, Department of Applied Informatics and Informational Systems.

Danil A. Ilyin – Master Student.

Maxim A. Karasyuk – Master Student.

Received 12.09.2022

© S. Yu. Katsko, D. A. Ilyin, M. A. Karasyuk, 2022