Article title: Geological structure of Gorevsky lead-zinc deposit and adjacent territories.

Authors: Dmitrii Titov[1]

Affiliations: Geology, NSU, Novosibirsk, Russia[1]

Orcid ids: 0000-0003-0956-0402[1]

Contact e-mail: bodrilko@mail.ru

License information: This work has been published open access under Creative Commons Attribution License <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. Conditions, terms of use and publishing policy can be found at <https://www.scienceopen.com/>.

Preprint statement: This article is a preprint and has not been peer-reviewed, under consideration and submitted to ScienceOpen Preprints for open peer review.

DOI: 10.14293/S2199-1006.1.SOR-.PP7KMB9.v1

Preprint first posted online: 09 October 2021

Keywords: deposit, lead, zinc, silver, geology

Название: «Геологическое строение Горевского свинцово-цинкового месторождения и прилегающих территорий»

Название на английском: Geological structure of Gorevsky lead-zinc deposit and adjacent territories

Выражаю благодарность за *помощь в подготовке материалов* геологам Толстихиной В.Н., Макарову И.В.

Ключевые слова: месторождение, свинец, цинк, серебро, геология

Key words: deposit, lead, zinc, silver, geology

Аннотация на русском: В статье кратко рассмотрено геологическое строение Горевского полиметаллического месторождения и его прилегающих территорий, по данным геологических отчетов предыдущих лет и данных, полученных автором в ходе работы на данном месторождении.

Аннотация на английском: The article describes geological structure of Gorevsky polymetallic deposit and its adjacent territories, according to data from previous geological reports and data, received by author during his work on this deposit.

Актуальность работы обусловлена тем, что для многих исследователей является сложным вопросом нахождение в открытых источниках данных о геологическом строении данной территории, а также тем, что обобщение данных позволяет легче проводить его дальнейшие исследования и эксплуатацию.

Целью работы было создание сводной работы по строению Горевского месторождения, с учетом вновь полученных данных.

Задача: обобщение материалов из разрозненных источников, в том числе фондовых и отчетных, накопленных в ходе разведки и эксплуатации месторождения, а также данных полученных в ходе авторских наблюдений, маршрутов, анализов образцов и проб в ходе работы на месторождении и пр.

Научная новизна работы обусловлена тем, что автором были проведены новые геологические изыскания на территории, что позволило уточнить структуру участка на основе данных опробования, эксплоразведки и пр.

Введение

Район исследований был выбран автором потому, что там довелось проработать около 4 лет с 2014 г. по 2018 г. в ходе эксплуатации и доразведки данного месторождения, на должностях от участкового до заместителя главного геолога, что позволило обобщить накопленные и получить множество новых данных по его геологическому строению.

Характеристика условий района работ

Участок работ расположен в п. Новоангарск Мотыгинского района Красноярского края в 41 км от устья р. Ангара (*рис. 1*). Заселенность и экономическая освоенность района работ слабая. Населенные пункты расположены преимущественно по берегам р. Ангара. С краевым центром г. Красноярском участок работ соединен шоссейной дорогой, в летнее время — судоходной линией по Енисею-Ангаре. Рудные тела Горевского месторождения простираются с левого берега в русло реки. Компактность рудных тел и их залегание с поверхности определили возможность разработки карьером на глубину до 400-600 м [1, 6].

Климат

Климат района резкоконтинентальный, с коротким жарким летом и холодной зимой. Количество морозных дней до 297. Снеговой покров ложится в октябре, сходит в мае. Максимальные температуры отмечаются в июле — до +35°C, минимальные в январе — до -55°C. Среднегодовое количество осадков 350-550 мм. Сезонная мерзлота образуется практически повсеместно. Максимальная глубина промерзания достигает 1,5-2,0 м. На дне р. Картицы у подножья северных склонов образуется островная многолетняя мерзлота с мощностью в первые метры. В итоге район характеризуется сезонной мерзлотой, повсеместным развитием покровных суглинков, заболоченностью большей части территории [3].

Рис. 1. Обзорная схема района исследования [3]

Орогидрография

Район работ расположен на юго-западной окраине Енисейского кряжа, в пределах низкогорной части. Рельеф представляет собой платообразную пологохолмистую и увалистую возвышенность, расчлененную долинами рек и ручьев. Абсолютные отметки возвышенностей достигают 175-350 м. Особенностью является мягкость и округлость возвышенностей, которые обусловлены наличием выветрелых пород на вершинах и склонах. Поверхность сильно расчленена эрозионной сетью рек и ручьев с узкими V-образными долинами, врезанными на 75-200 м. Обнажения развиты только по берегам рек и их притоков. Основной гидрографической единицей является р. Ангара, пересекающая район в широтном направлении. Река Ангара в районе исследования имеет ширину 2,5-2,7 км, глубину 1,5-3,0 м, максимальные глубины достигают 7-10 м. Средний годовой расход реки составляет 4678 м³/с, в весенний паводок до 30000 м³/с, скорость течения 2,2-8,5 км/ч. Основные притоки р. Ангары в данном районе: р. Картица, р. Алешина, руч. Горево [1].

История изучения и геологическая изученность района работ

Период геологического изучения района Горевского месторождения можно условно разделить на 4 этапа:

- 1) Первый этап охватывает период с XIX века до 1917 года, и характеризуется как начальный этап геологического изучения района; работы таких исследователей как Д. Макаровский (1844 г.), И. Скоробогатов (1896 г.), В.А. Обручев (1915 г.) и др. заложили основы стратиграфии и магматизма района.
- 2) Второй этап 1917-1956 гг., планомерное изучение района; была уточнена стратиграфия докембрийских и кембрийских отложений, дано описание тектонического строения района, геоморфологический очерк долины р. Ангара, составлены первые геологические карты. Большой вклад сделан такими исследователями как С.В. Обручев (1917-1933 гг.), Г.И. Кириченко (1938-1946 гг.) и др.
- 3) Третий этап начинается с открытия Ю.Н. Глазыриным Горевского месторождения свинцово-цинковых руд в 1956 г. (в ходе геологосъемочных работ масштабов 1:200000 и 1:1000000); проведено детальное геологическое изучение района с целью разведки и передачи в эксплуатацию месторождения.
- 4) На четвертом исследовательском этапе проведено детальное изучение инженерно-геологических, гидрогеологических, горнотехнических условий для строительства ГОКа [1].

Геологическая изученность

В 1959 г. для разведки месторождения была создана Стрелковская ГРЭ, под руководством М.Л. Шермана и др., которая просуществовала до 1964 г. В 1961-63 гг. с целью изучения геологического строения, опробования и подсчета запасов на месторождении проведен обширный комплекс буровых, горных, опробовательских и геофизических работ. В период 1959-75 гг. производились геологосъемочные работы масштаба 1:50000 с общими поисками и поисковые работы на радиоактивное сырье. Работы сопровождалось шлиховым опробованием, геохимическими поисками по вторичным ореолам рассеяния и наземными геофизическими работами. В 1983-89 гг. на площади Горевского рудного узла проводилось глубинное геологическое картирование и геологическое доизучение масштаба 1:50000 с общими поисками свинцовых руд. В 1986-89 гг. и 1987-99 гг. проведены доразведка Горевского месторождения и доизучение гидрогеологических и инженерно-геологических условий его отработки. В период с 1991 по 1995 гг. проводилось геологическое доизучение масштаба 1:200000 по созданию геол. карты нового поколения [3].

Геофизическая изученность

В 1953 г. в северной части Горевского рудного узла проведены наземная магниторазведка масштаба 1:100000. В 1960-64 гг. в пределах рудного поля Горевского месторождения проводились наземные геолого-геофизические работы масштаба 1:50000 и 1:10000. В комплекс работ входили магниторазведка, радиометрическая съемка, электроразведка и гравиразведка. В это же время была осуществлена гравиметрическая съемка масштаба 1:200000. В 1960-62 гг. и 1970-79 гг. проведены аэромагнитные съемки масштаба 1:25000. В 1990 г. в северо-восточной части Горевского рудного узла проведена комплексная аэрогеофизическая съемка масштаба 1:25000.

Гидрогеологическая изученность

Гидрогеологические и инженерно-геологические условия участка отработки месторождения изучаются с 1959 года. В региональных работах и детальных исследованиях этих условий на месторождении принимали участие: Стрелковская экспедиция Красноярского ГУ (1959-1963 гг.), ВСО «Гидропроект» (1960-1988 гг.), Ангарская экспедиция Красноярского ГУ (1963-1990 гг.), «Горевский ГОК» (с 1968 г.), ОАО «Красноярскгеология» (2008 г.) [3].

Сведения о запасах, вскрытии и системе разработки

Первоначально протоколом ГКЗ СССР от 1964 г. утверждены балансовые запасы свинцово-цинковой руды – 1260522,8 тыс. т., в ней свинца – 8003,2 тыс. т. и цинка – 1981,7 тыс. т. (по категориям C_2 , C_1 , В).

В связи с переутверждением запасов действует новый протокол ГКЗ Роснедра от 2014 г. Балансовые запасы за контуром карьера по состоянию на начало 2015 г. составляли: свинцово-цинковые руды 3587,65 тыс. тонн при средних содержаниях свинца 4,44%, цинка 4,05%, серебра 35,08 г/т, кадмия 104,61 г/т; свинцовые руды 9945,08 тыс. тонн при средних содержаниях свинца 6,49%, цинка 0,22%, серебра 50,79 г/т, кадмия 44,83 г/т [3].

По сложности геологического строения месторождение отнесено ко 2 группе, а по степени изученности: запасы, планируемые к отработке открытым способом – к разведанным; запасы, намечаемые к отработке подземным способом – к оцененным. Разработка месторождения обоснована комбинированным способом, с последовательным ведением открытых и подземных горных работ. Открытыми работами осваивается основная часть запасов, подземными будет осуществляться их доработка [3, 6].

Геологическое строение района работ

В геологическом строении района принимают участие складчатые образования рифея, в южной части развиты слабо дислоцированные осадочные породы девона-карбона, слагающие Картичную впадину. В бассейне р. Ангары развиты покровные палеоген-неогеновые и четвертичные образования. Метаморфизованные отложения верхнего рифея смяты в сложные складки и прорваны дайками метадолеритов. Складчатая структура рудного поля принимается как обширная грабен-синклиналь на восточном крыле Алешкинской антиклинальной зоны. Рудные тела месторождения в виде субсогласных метасоматических залежей развиваются в ядре грабен-синклинали, выполненной кремнисто-сидеритовой фацией в составе горевской свиты [5, 8].

Стратиграфия

Стратифицированные отложения представлены тремя структурно-формационными комплексами, разделенными длительными перерывами и эпохами тектонической активизации: 1) верхнерифейский флишоидный позднегеосинклинальный, 2) палеозойский субмаринный плитный, 3) кайнозойский континентальный кратонный (рис. 2). Первый и второй комплексы разобщены байкальской складчатостью, второй и третий — герцинской и киммерийской тектонической активацией.

Верхнерифейский комплекс разделен на морянихинскую, горевскую и сухопитскую свиты, причем практически вся территория Горевского рудного поля сложена горевской свитой (рис. 3). Палеозойский комплекс представлен рассохинской свитой нижнего карбона. К северу и югу от Горевского рудного поля рассохинская свита местами перекрывается средне-верхнеюрскими угленосными отложениями. Кайнозойский комплекс представлен переотложенными продуктами выветривания в эрозионно-тектонических депрессиях. Они представлены слабо уплотненными песчано-глинистыми и щебенистыми осадками. Все отложения перекрываются четвертичными элювиально-делювиальными и аллювиальными образованиями [5].

Морянихинская свита (R_3mfn)

В районе месторождения породы свиты вскрыты рядом скважин и представлены филлитами, филлитизированными сланцами (кварцево-слюдистыми, слюдисто-кварцевыми, углисто-слюдистыми), филлитами с гранатом, углеродисто-карбонатсодержащими филлитами и известняками. Мощность вскрытой части разреза 650-700 м.

Горевская свита (R_3grv)

На Горевском месторождении находится стратотип горевской свиты, именовавшийся ранее рудаковской толщей. Свита согласно, но с резкой границей, залегает на морянихинской свите, наследуя от филлитовой толщи повышенную углеродистость и сланцевый облик, а также наличие сидерита с слюдисто-карбонатных сланцах [1]. Свита имеет четкое ритмичное строение, отвечая в формационном отношении понятию карбонатный флиш.

Эратема	Система	Отдел	Ярус	Индекс	Колонка	Мощность в м	Характеристика подразделений
КАЙНОЗОЙСКАЯ	НЕОГЕН	МИОЦЕН		N_{kr}		5-50	Кирнаевская свита. Пески, глины, галечники, конгломераты железистые
		ОЛИГОЦЕН		P_3-N_1b		10-100	Бельская свита. Глины каолиновые, песчаные; прослои лигнитов, угля бурого, песков.
	ПАЛЕОГЕН	ЭОЦЕН		$P_{1-2}mr$		5-55	Мурожинская свита. Глины пестроцветные гидрослюдисто-тетит-каолиновые с гиббситом, прослои углистых глин, песков.
МЕЗОЗОЙСКАЯ	МЕЛ	ТУРСОН-СЕНМАНСКИЙ		K_2sm		0-25	Симоновская свита. Глины, алевролиты, пески.
		БАТ-ААЛЕНСКИЙ		J_3lt		10-35	Итатская свита. Песчаники, алевролиты, аргиллиты, уголь бурый - прослои до 1м.
	ЮРСКАЯ	ТОАРСКИЙ		J_1II		20-25	Иланская свита. Алевролиты, песчаники, аргиллиты углистые.
		ПЛИНС-БАХ-ГЕТТИНСКИЙ		J_1mk		30-75	
		МАКАРОВСКИЙ		$C_{2-3}Is$		10-100	Макаровская свита. Алевролиты, аргиллиты, песчаники, конгломераты, уголь бурый - прослои до 1м.
ПАЛЕОЗОЙСКАЯ	КАМЕННО-УГОЛЬНАЯ	СРЕДНИЙ		$C_{2-3}Is$		10-100	Листьяжнинская свита. Аргиллиты, алевролиты, песчаники, конгломераты, угли.
		НИЖНИЙ	ТУРНЕЙСКИЙ	C_1kz		0-185	
	ДЕВОНСКАЯ	ВЕРХНИЙ	ФРАН-ФАМЕНСКИЙ	D_3mm		0-130	Момотовская свита. Известняки, мергели, аргиллиты, конгломераты-пестроцветные, стяжения халцедона.
ВЕРХНИЙ РИФЕЙ				RF_5sh_2		700-800	Сухохребтинская свита Верхняя подсвита. Сланцы серицит-глинистые, часто углеродистые в переслаивании с кварцитовидными песчаниками и алевролитами
				RF_5sh_1		660	
				RF_5gv_3		более 590	Широкинская свита Верхняя подсвита. Известняки доломитовые и доломиты параллельно- и косослоистые,
				RF_5gv_2		1000	
				RF_5gv_1		более 440	
				$RF_3\check{sh}$		550-700	Тунусинская свита Шунтарская свита. Филлиты, сланцы глинисто-серицит-кварцевые слоистые, углеродистые, хлоритовидные, известково-серицитовые, известняки глинистые черные (иногда в тонком переслаивании), метаалевролиты
				RF_3pt		550-700	
СРЕДНИЙ РИФЕЙ				RF_2gr		930-950	Горбилковская свита. Филлиты и сланцы серицит-хлоритовые биотит-хлорит-серицитовые, нередко с гранатом, магнетитом, пласты эпидот-хлоритовых туффовых сланцев
НИЖНИЙ РИФЕЙ				RF_1kd_3		750	Сухохребтинская свита Верхняя подсвита. Сланцы биотит-серицитовые, часто с гранатом, кальцитом, доломитом; слои метаалевролитов, кристаллических известняков и доломитов.

Рис. 2. Литолого-стратиграфическая колонка Горевского месторождения [2]

Происходит чередование слойков, слоев и пачек с разным соотношением карбонатного и кварцево-слюдистого материала, в разной мере пигментированного углеродистым графитоподобным веществом. Породы окрашены в темно-серый цвет. В разрезе преобладают известковистые сланцы и глинистые известняки. Средняя подсвета наиболее насыщена сидеритом, т.е. веществом, активно вступающим в обменные реакции с образованием залежей метасоматических сульфидных руд [1].

Нижегородская подсвита (R₃grv₁)

Данная подсвета слагает крылья Горевской синклинали, и представлена в основном глинистыми, сильно глинистыми и слюдистыми известняками с прослоями углисто-слюдистых и известковистых сланцев.

Породы темно-серые до черных, тонко- и среднеслоистые, тонкозернистые. Минералы в составе подсвиты: кальцит, кварц, углистые и глинистые частицы, серицит, мусковит, биотит, хлорит, рудные минералы до 3%. Мощность толщи 370-400 м.

Рис. 3. Фрагмент обзорной геологической карты района исследования [2]

Среднегоревская подсвита (R₃grv₂)

Породы представлены глинисто-углистыми известняками, переслаивающимися с углисто-глинистыми и кварц-карбонатно-сланцевыми сланцами. Характерным является наличие пирротина. В разрезе выделяются 3 пачки: нижняя, средняя, верхняя.

Нижняя пачка среднегоревской подсвиты ($R_3grv_2^1$) представлена преимущественно серыми слюдистыми известняками, мощность пачки 270 м. Средняя пачка среднегоревской подсвиты ($R_3grv_2^2$) рудоносная, сложена доломитизированными известняками, часто с сидеритом, углеродистыми слюдистыми известняками, слюдисто-карбонатными сланцами. В породах отмечается прожилково-вкрапленная минерализация галенита. Верхняя пачка среднегоревской подсвиты ($R_3grv_2^3$). В данной пачке выделяются следующие последовательно сменяющиеся слои пород: 1) углеродистые темноокрашенные слюдисто-карбонатные сланцы и слюдистые известняки с линзами сидеритов и свинцово-цинковых руд Северо-Западного рудного тела, мощность 50 м; 2) слюдистые известняки и доломитизированные известняки бурого, серого, темно-серого цвета, мощностью 80 м; 3) темно-серые и серые полосчатые известняки, мощность слоя 180 м; 4) темно-серые доломиты и сидерит-содержащие слюдисто-карбонатные сланцы, мощность 80 м; 5) рудная зона Западного и Главного рудных тел имеет выдержанную мощность и выклинивается на флангах месторождения.

Рудная зона имеет в своем составе: доломитизированные известняки, кварц-слюдисто-карбонатные породы, рудные тела (кварц-карбонатная брекчия, насыщенная жильной рудной фазой - галенитом, сфалеритом), темно-серые кварц-карбонатные сланцы, темно-серая углеродистая слюдисто-кварц-карбонатная порода. Мощность слоя с оруденением Западного и Главного рудных тел 120 м [1].

Свинцовые и свинцово-цинковые руды, вскрытые в карьере в ходе эксплуатации (*на основе данных разведки и опробования в карьере*), показывают весьма разное внутреннее строение и содержания полезных компонентов. Так, наиболее богатые руды тяготеют к Главному рудному телу, где содержания свинца могут достигать до 20-30%, при средних на данном этапе отработки в 4,5-6,5%. Свинец представлен в виде галенита, содержания цинка как правило невысокие, и возрастают лишь в западной части Главного рудного тела, где руда меняет тип на свинцово-цинковый. В бедных свинцовых рудах (с содержаниями свинца от 0,8-1% и до ориентировочно 4%) рудные минералы, как правило, распространены в виде мелких прожилок, линзочек и вкраплений, в то время как в относительно богатых свинцовых рудах (от 6-7% Pb и выше) галенит распределен в виде слоев, и чем больше рудного компонента, тем более структура тяготеет к массивной, слитой, брекчиевидной, где суммарное содержание сульфидов (преимущественно галенит, сфалерит, пирротин) может достигать до 50-60% и более (отдельные участки Главного рудного тела). В Западном рудном теле почти вся руда — свинцово-цинковая. Содержания свинца от 0,6-0,8%, до 7-8%, цинка от 1-1,4% до 15% и более. В среднем цинк преобладает над свинцом, что обуславливает другую схему переработки данных руд.

Структура (в зависимости от содержаний рудных минералов) от прожилково-вкрапленной, тонкополосчатой до слоистой и массивной, брекчиевидной. В северо-западной части карьера рудные тела сливаются в одно единое рудное тело, хотя по-прежнему остается некая зональность, со свинцовыми рудами в северо-восточной части и цинковыми в юго-западной. В целом с углублением карьера есть тенденция на увеличение доли свинцово-цинковых руд (*по данным разведки карьера*). С учетом того, что в планируемом к отработке в дальнейшем Северо-Западном рудном теле явно преобладают свинцово-цинковые руды, то комбинат в дальнейшем вынужден будет нарастить долю добычи и переработки Pb-Zn руд над Pb рудами.

В единичных скважинах перебулены красноцветные интенсивно дробленные и разрушенные до состояния песка слюдисто-карбонатные породы, а также разрушенные пестрые слюдистые доломитизированные известняки и доломиты [1]. Данные породы были вскрыты в карьере в его восточной части, и оказалось, что они частично представлены богатой свинцовой рудой. Несмотря на пестроцветность, высокую степень окисления и дробления, руда оказалась годной к переработке и была добыта в полном объеме. Вероятно, такая степень окисления пород была связана с тем, что в этой части проходит зона активной фильтрации поверхностных вод р. Ангара, совмещенная с приразломной зоной трещиноватости.

На балансе ГОКа в рудных телах также стоят такие металлы как серебро и кадмий. Содержания серебра в рудах ориентировочно 35-51 г/т, кадмия 45-105 г/т (*по данным геол. службы карьера на начало 2015 г.*). Данные металлы добываются попутно со свинцом и цинком, однако не извлекаются в ходе переработки, и по сути уходят в хвосты перерабатывающей фабрики и в составе полученного концентрата (так как не построено мощностей для их отдельных переработки и извлечения). Еще в ходе работ Стрелковской ГРЭ в 1959-1964 гг., в отчете Шермана М.Л. отмечено, что есть прямая корреляция между содержаниями свинца и серебра, а также цинка и кадмия в рудах. Так, на каждый 1% содержания свинца в руде приходится ориентировочно 7,8 г/т серебра. Данная корреляционная зависимость многократно подтверждалась хим. лабораторией и геол. службой карьера в ходе эксплуатации месторождения [7].

Также в рудах Горевского месторождения содержания железа на многих участках являются промышленными, зачастую доходя в рудах до 25-35% и более (*по данным РФА геологической службы карьера*); железо заключено преимущественно в сидерите и пирротине [7].

Итого мощность верхней пачки среднегоревской подсвиты, вмещающей промышленное оруденение, составляет 500 м. Общая мощность среднегоревской подсвиты превышает 1320 м.

Верхнегоревская подсвита (R_{3grv3})

Породы основания верхнегоревской подсвиты замещены тектонитами, находящимися в зоне надвига. Нижняя часть подсвиты представлена темно-серыми до черного известняками, мощность пачки 300 м. Верхняя часть подсвиты встречается фрагментарно, представлена темно-серыми известняками, насыщенными тонкой слюдкой и кварцем, углеродистым веществом. Мощность пачки 1000 м. Мощность подсвиты по неполным данным порядка 1500 м, возможно более [1].

Сакаловская толща (R_{3sh})

Толща имеет ограниченное распространение и представлена чередованием алевролитистых филлитов, кварцитов и углеродистых филлитов.

Нижнекаменноугольные отложения. Рассохинская свита (C_{1rs})

Палеозойские отложения выполняют Картичную наложенную впадину в юго-восточной части рудного поля, частично заходя на месторождение в виде изолированных эрозионно-тектонических котловин. Ранее эти отложения относились к девонской и каменноугольной системам, но после глубинного доизучения Ангарского рудного района, принято их отнесение к нижнему карбону под названием рассохинской свиты.

Свита несогласно залегает на рифейских отложениях и представлена аргиллитами, алевролитами, мергелями, глинистыми известняками и конгломератами. Мощность свиты 112 м [1].

Коры выветривания

Породы рифейского фундамента подвергались гипергенному разрушению. По морфологическим признакам выделяются площадные и линейные коры выветривания. Площадные коры выветривания были широко развиты, подвергались наибольшему размыву, представлены щебенисто-глинистыми образованиями мощностью в несколько метров. Линейные коры выветривания развиваются по системе разломов в фундаменте. В силу интенсивного выщелачивания, сопровождающего корообразование, вдоль зон разломов образовались депрессии, выполненные осадками палеоген-неогена, реже нижнего нижнего карбона, мощностью до 50-100 м. Глубины выветривания и выщелачивания обычно составляют 30-70 м, но отмечаются погребенные коры выветривания на глубине до 200 м. В рудной зоне месторождения коры выветривания оруденелых пород представлены охристо-глинисто-щебнистыми сыпучими породами, пористыми и кавернозными [1].

В карьере коры выветривания, особенно на верхних горизонтах, встречаются повсеместно. Приповерхностные, как правило, распространены по всей площади под четвертичными отложениями и охватывают все типы пород. На северо-западном участке в районе сочленения с водозащитной дамбой были вскрыты выветрелые руды Главного и Западного рудных тел. Несмотря на высокие содержания свинца, цинка и железа, руды оказались непригодными для переработки, так как данные минералы были преимущественно не в своих сульфидных, а в оксидных формах (*данные хим. лаборатории НОКа*). Данная зона выветривания простиралась на несколько горизонтов, охватывая десятки метров рудных горизонтов вглубь (суммарно порядка 50 м). Зоны такого типа легко детектируются с помощью рентгенофлуоресцентного анализа, и как обнаружено геол. службой карьера, в них возрастает содержание марганца до 2% и более (при рядовом для месторождения содержании Mn в рудах на нижних горизонтах менее 0,5%). Выявлены закономерности распределения в массиве и для других элементов, таких как Ca, Rb, Sr, K, Zr, Ni, Si, S, As, Ti [7] — однако, это тема для отдельной геохимической работы.

Также в карьере в центральной, восточной и юго-восточной частях распространены линейные коры выветривания. Как правило, они развиты по известнякам и доломитам, хотя местами захватили и рудные тела. Для данных охристо-глинистых кор выветривания и зон гидротермально-метасоматической проработки характерно повышенное содержание цинка в составе (в виде окислов).

Свинец лишь несколько повышен на фоне вмещающих пород (до 0,1-0,5%), зато цинк может быть встречен в промышленных масштабах (от 0,5 до 5-8%). В связи с тем, что технологией не предусмотрена переработка таких руд, они классифицированы как некондиционные.

Четвертичные отложения

Четвертичные отложения почти повсеместно перекрывают коренные отложения, их генезис различный. Выделены стратифицированные отложения пойменной и десяти надпойменных террас, нерасчлененные элювиально-делювиальные и склоновые накопления (*рис. 4*). Террасы делятся на три комплекса: высокий, средний и низкий (возраст от плиоцена до верхнечетвертичного). Образование поймы соответствует современному отделу четвертичного периода. Надпойменные террасы сложены суглинками, супесями, песками и гравийно-галечниковыми грунтами с редкими валунами. Русло реки перекрыто современным аллювием, представленным песками, гравийно-галечным грунтом с мелкими валунами, мощность аллювия от 0 до 4-5 м [1].

Рис. 4. Схема соотношения рыхлых плиоцен-четвертичных отложений [1]

Магматизм

Магматические породы представлены интрузивными разновидностями — дайками метадолеритов ведугинского комплекса. Они залегают среди пород рифейского фундамента, в том числе в рудах Горевского месторождения, и нигде не прорывают палеозойские и более молодые отложения. Мощность даек колеблется от долей метра до 25 м, чаще всего 5 м. Контакты активные, не только ровные, согласные, но и неровные, с заливами во вмещающие породы и ксенолитами. В эндоконтактах даек отмечаются зонки закала толщиной 1-4 см. Вторичные изменения связаны с динамометаморфизмом и заключаются в развитии густой сети трещин, выполненных кальцитом, арагонитом, кварцем, серпентином и хлоритом в ассоциации с сульфидами. Дайки преимущественно ориентированы согласно генеральной структуры и пересекают мелкие складки; отмечаются случаи будинажа [5, 1].

В карьере дайки метадолеритов встречены не были, однако при проведении работ по зачистке и вскрышных работ в районе р. Горевоего к юго-западу от месторождения в 2017 г., были вскрыты сильно выветрелые дайки, мощностью в 2-3 м. Опробование методом РФА не показало в них наличия ценного оруденения.

Структурно-тектоническое строение

В структурно-тектоническом отношении район расположен в пределах юго-восточной части Большепитского синклинория (структура II порядка), который занимает значительное место в строении Енисейского мегаантиклинория (структура I порядка).

Строение синклинория характеризуется наличием трех структурных этажей: верхнепротерозойского, палеозойского и кайнозойского. Нижний структурный этаж (PR₃) сложен согласно залегающими под углом 50-90° породами погоруйской, сосновской, потоскуйской, горевской и киргетейской свит.

Средний структурный этаж (Pz) сложен залегающими выше под углом 0-30° породами рассохинской, тушемской и листовяжинской свит. Породы залегают на первом структурном этаже с резким угловым несогласием. Верхний (Mz-Kz) структурный этаж сложен горизонтально залегающими породами юры, олигоцена. Породы среднего и верхнего структурных этажей распространены ограничено, занимая южные и восточные части района в границах эрозионно-тектонической мульды.

Верхнепротерозойские породы Большепитского синклинория осложнены складками: Погромнинской синклиналью и Алешинской антиклиналью (рис. 5). Северо-восточное крыло Алешинской антиклинали осложнено Горевской синклинальной складкой. По форме она близка к симметричной изоклинальной складке (простираение 310-325°, размах 4 км, падение пород на крыльях 65-85°, шарнир складки погружается под углом 50-60°) [5].

Рис. 5. Схема тектонического строения Горевского рудного поля [5]

Складчатые структурные элементы

Надпорядковая Алешкинская антиклинальная зона сложена более мелкими складками, из которых следует отметить элементы первого порядка — Усть-Алешкинскую антиклиналь и Погромнинскую синклиналь, оси которых ограничивают Горевское рудное поле с запада и востока. Восточное крыло Усть-Алешкинской антиклинали осложнено структурой второго порядка — Горевской грабен-синклиалью. Размеры грабен-синклинали в плане составляют 4х3 км, ориентировка северо-западная.

В ядре развиваются рудные тела Горевского месторождения. Складчатый рисунок рудного поля сложный, свидетельствует о сжимающих поперечных деформациях, приводящих у резкому ундулированию осей складок и поперечным срывам, что вероятно было вызвано сдвиганием Ангаро-Канской глыбы с байкалидами Енисейской геосинклинали [1, 5].

Разрывные тектонические нарушения

Основная часть «сухих» разрывов образовалась в консолидированном субстрате, на стадии платформенного и кратонного развития. Наиболее древние разрывы связаны с до- и раннеорогенной стадией и вмещают дайки метадолеритов. Ранние разрывы отображаются линейными магнитными аномалиями и залечены дайками метадолеритов. Позднескладчатые разрывы сопровождали консолидацию байкальской складчатости и развивались преимущественно на крыльях мелких складок.

Отмечается брекчирование пород, трещиноватость, приразрывная складчатость. На месте ослабленных зон возникают зоны минерализации. Послескладчатые разрывы наиболее обширная и заметная часть разрывных тектонических нарушений, формировавшихся в течение эпибайкальской истории Енисейской складчатой области (рис. 6).

Рис. 6. Тектоническая схема Горевской синклинали [1]

Они развивались в форме сбросов, взбросов, надвигов и поддвигов. Зона тектонического нарушения обычно представлена брекчиями, окруженными трещиноватыми породами. Часть разрывов представлена зонами дробления без видимого смещения. Много зон трещиноватости мощностью от первых метров до сотен метров, по этим зонам происходят процессы минерализации, выщелачивания, суффозии. Жильные зоны и прожилки окружают Горевское месторождение, окаймляя компактное оруденелое сидеритовое ядро.

В пределах Горевского рудного поля большинство дислокаций укладывается в четыре зоны: Восточная (соответствует крылу Погромнинской синклинали), Центральная (большая часть Горевского рудного поля с месторождением в центре), Западная (ограничивает рудное поле с запада и совпадает с ядром Усть-Алешкинской антиклинали) и Южная (зона совпадает с системой молодых впадин, выполненных каменноугольными, юрскими кайнозойскими отложениями). Основной чертой Горевского рудного поля является блоковое строение; выделяется три основных блока: восточный опущенный, западный приподнятый и центральный промежуточный. Горевская зона смятия насыщена дайками метадолеритов, что может указывать на глубинный характер разрывов в ее пределах [1, 5].

Геоморфология

Район находится в области развития низкорельефа, водораздельных плато и глубоко врезуемых долин р. Ангара и ее притоков (рис. 7). Образование генетических форм рельефа происходило в тесной взаимосвязи с геолого-структурными особенностями района, литологическим составом пород, эволюционно-стадийным развитием рельефообразующих процессов. Здесь сформировалось три типа рельефа: денудационно-аккумулятивный, денудационно-эрозионный и эрозионно-аккумулятивный, формирующие две основные формы рельефа — водораздельное плато и долину реки Ангара. Среди современных физико-геологических явлений наибольшее рельефообразующее значение имеют: речная эрозия и аккумуляция, процессы физического и химического выветривания, оползневые явления и осыпи [1].

Рис. 7. Пример геоморфологического профиля выбранного района [1]

Гидрогеологические условия

По системе гидрогеологического районирования Горевское месторождение расположено в пределах Енисейского сложного бассейна 2-го порядка. По более подробному делению, месторождение принадлежит краевой части Ангаро-Канского бассейна жильно-блоковых вод (гидрогеологическому массиву) занимающему южную часть Енисейского кряжа, сложенную гранитами и метаморфическими породами архея и нижнего протерозоя. С последними связаны трещинно-грунтовые воды, распространенные преимущественно до глубины 50-60 м, локально-трещинные воды разломов и жильных образований, проникающие на глубину до нескольких сотен метров (рис. 8). Низкорельеф этой части кряжа предопределил разобщение регионально-трещинных вод на систему бассейнов стока, совпадающих с водосборными площадями рек и ручьев. Запасы подземных вод в этом районе невелики. Областью питания подземных вод служит водосборная площадь района. Питание осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков [3, 4].

Воды по химическому составу относятся к гидрокарбонатным магниево-кальциевым с минерализацией от 0,1 до 0,3 г/дм³, реже встречаются очень пресные воды с минерализацией 0,03-0,09 г/дм³. Непосредственно в зоне Горевского месторождения выделяются водоносные горизонты: четвертичные аллювиальные отложения, водоносный комплекс трещинных и трещинно-жильных карбонатных пород горевской свиты верхнего протерозоя, водоносный горизонт сланцев горевской свиты, водоносный горизонт рудовмещающих кварц-карбонатных пород и сидерита. В естественных условиях все водоносные горизонты получали питание за счет атмосферных осадков, разгрузка осуществлялась в поверхностные водотоки, незначительная часть в виде родникового стока. В целом химический состав подземных вод не отличается большим разнообразием на различных глубинах опробования,

что свидетельствует об активном водообмене в пределах месторождения.

Рис. 8. Пример гидрогеологического разреза района месторождения [1]

В подавляющем большинстве подземные воды гидрокарбонатного типа, смешанные по катионному составу: магниевые-кальциевые, очень редко кальциевые-магниевые. Вблизи рудных тел и на участках вскрытия углеродистых известняков и сланцев подземные воды сульфатно-гидрокарбонатные, со слабым запахом сероводорода. Минерализация воды 0,2-0,6 г/дм³, рН вод 7,6-8,6. В воде часто присутствует карбонат-ион с содержанием 11-32 %-экв. Содержание кремнекислоты 3-5 мг/дм³. Воды преимущественно умеренно жесткие.

Для подземных вод района месторождения характерны высокие концентрации железа в воде. Суммарное содержание окисного и закисного железа составляет 2-10 мг/дм³, чаще всего 3-7 мг/дм³. На отдельных горизонтах вблизи месторождения содержание железа в воде достигает 35-40 мг/дм³. В гидрогеохимическом разрезе месторождения проявляются тенденции увеличения содержания с глубиной: общей минерализации, сульфат- и хлор- ионов, кальция, карбонат-иона, магния, железа, возрастает общая жесткость и щелочность среды, уменьшается содержание натрия. Гидрогеологические условия при разработке месторождения относятся к сложным, т.к. значительная часть рудных тел залегает в русле р. Ангара, что обуславливает крайне высокие водопритоки в карьер [3].

Заключение, выводы

В результате проведенной работы удалось обобщить и представить в виде краткого отчета ранее полученные данные по геологическому строению Горевского свинцово-цинкового месторождения и прилегающих территорий. Автором были обобщены данные многочисленных фондовых и отчетных материалов, внутренних отчетов и документов предприятия и др. Данные также были дополнены и из вновь полученных источников (в ходе опробования, эксплуатационной разведки и при отработке месторождения), что позволило создать полную и актуальную картину строения участка. Это поможет другим исследователям района получить представление о строении данного месторождения, и применить эти данные при работе на соседних и других, схожих по строению, участках.

Несмотря на это, остается еще множество нерешенных вопросов по геологическому строению: доразведка Северо-Западного рудного тела, геохимическое распределение редких элементов, глубинное строение рудных тел, гидрогеологические условия отработки месторождения под защитой дамбы II очереди и мн. др., что еще предстоит решить будущим исследователям района.

Список использованной литературы

- 1) Вайкум В.А. и др. Строительство сооружений для защиты Горевского месторождения от поверхностных вод р. Ангара, защитная дамба II очереди / Красноярск, 2012 г.
- 2) Груздева М.В. и др. Обзорная геологическая карта района Горевского месторождения, масштаб 1:100000 / Красноярск, 2009 г.
- 3) Толстихин С.А. и др. Программа горно-экологического мониторинга ОАО «Горевский

горно-обогатительный комбинат» / Новоангарск, 2015 г.

4) Львов Б.Д., Малахова Л.Н. Изучение режима гидрогеологических условий и гидродинамических процессов на Горевском месторождении (отчет партии о результатах ГРР за 1990 г.) / Мотыгино, 1990 г.

5) Львов Б.Д., Смирнов М.С. Доразведка Горевского свинцово-цинкового месторождения (отчет Горевской партии о результатах ГРР за 1986-1989 гг.) / Мотыгино, 1989 г.

6) Макаров И.В. и др. Отчет по переоценке запасов Горевского месторождения в связи с пересмотром кондиций (отчет по состоянию запасов на 01.01.2014 г.). / Красноярск, 2014 г.

7) Титов Д.Ю. Опыт применения рентгенофлуоресцентного анализа при разработке Горевского свинцово-цинкового месторождения / Научно-технический журнал «Недропользование XXI век», №2 (71), 2018 г.

8) Целыковский А.Ф. Геологическое доизучение масштаба 1:200000 Горевского горно-рудного района в пределах листов О-46-XV, О-46-XVI (Усть-Ангарская площадь, отчет геолого-съемочной группы за 1991-2000 гг.) / Красноярск, 2004 г.