

**Таблица 4**  
**Результаты крио-термометрии и Рамановской спектроскопии ФВ в минералах Лугининского месторождения**

Минерал-хозяин	кварц			сфалерит
	первичные	псевдвторичные		
Тип				псевдвторичные
Тэвт. (°С)	6–9,8; 24,5–22	н.о.	н.о.	8–4,2
Тгом. (°С)	180–260	190–242	134–170	128–195
Соленость (масс. % NaCl-экв.)	1,7–7,3	0,5–3,3	0,1–1,3	0,1–1,2
Солевой состав	хлориды Na, K; карбонаты и сульфаты Na, K, Mg	н.о.	н.о.	карбонаты и сульфаты Na, K, Mg
Состав газовой фазы	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O

*Примечание:* исследования проводились на базе Института Геологии и Минералогии им. В.С. Соболева СО РАН, приборы: микротермокамера THMSG-600 фирмы Linkam и одноканальный спектрометр RAMANOR U-1000 фирмы Jobin Yvon, оборуодованный газовым Ar лазером Millennia Pro фирмы Spectra-Physics с выходной мощностью 1 Вт; н.о. — параметр не определен.

вой фазе обоих типов включений. С ее же помощью было определено, что дочерняя минеральная фаза отвечает по составу карбонату.

#### Выводы

Проведенные исследования показали, что Лугининское золотополиметаллическое месторождение относится к низко- и среднетемпературной вулканогенной формации с гидротермально-метасоматическим типом руд, сформировавшихся в приповерхностных условиях.

Рудная минерализация на месторождении, представленная пиритом, сфалеритом, галенитом, Агтетраэдритом, халькопиритом и самородным золотом, образует вкрапленность и гнезда как в основной массе измененных вулканогенно-осадочных пород, так и в секущих их кварц-карбонатных прожилках. Выделяются ранняя золото-пиритовая и поздняя золото-полиметаллическая стадии оруденения.

Рудообразование шло при падении температуры (260–130 °С) и солености (7,3–0,1 масс. %-NaCl-экв.) флюида, что, вероятно, вызвано смешением с метеорными водами. Это предположение также согласуется с данными изотопных исследований кислорода: заниженные значения  $\delta^{18}\text{O}$  (4,5–6,8 ‰) относительно магматических показателей. Солевой состав флюида претерпел изменения: первичный преимущественно хлоридный раствор эволюционировал до карбонатно-сульфатного. Достаточно высокие значения относительных изотопов серы сульфидов (7,4–11,5 ‰) могут свидетельствовать о значительной примеси сульфатной серы к ювенильной.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 16-35-00253 и в рамках Государственного задания, проект № 0330-2016-0001 при неопределимой помощи руководства и геологов ООО «Востокгеология».*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Али, А.А. Генетическая модель формирования Ново-Широкинского золото-полиметаллического месторождения (Восточное Забайкалье, Россия) / А.А. Али // Матер. Междунар. молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2013» / Отв. ред. А.И. Андреев, А.В. Андриянов, Е.А. Антипов, К.К. Андреев, М.В. Чистякова. [Электронный ресурс] — М.: МАКС Пресс, 2013.
2. Борисенко, А.С. Анализ солевого состава растворов газовой фазы включений в минералах методом криометрии / А.С. Борисенко // Использование методов термобарогеохимии при поисках и изучении рудных месторождений / Ред. Лаверов Н.П. — М: Недра, 1982. — С. 37–46.
3. Гриненко, В.А. Геохимия изотопов серы / В.А. Гриненко, Л.Н. Гриненко. — М.: Наука, 1974. — 274 с.
4. Ковалев, К.Р. Золото и серебро в рудах вулканогенных гидротермальных и гидротермально-осадочных колчеданно-полиметаллических месторождений Сибири / К.Р. Ковалев, Э.Г. Дистанов, Г.Н. Аношин, И.В. Гасков, В.А. Акимцев, М.В. Баулина // Геология и геофизика. — 2004. — Т. 45. — № 10. — С. 1171–1185.
5. Константинов, М.М. Характеристика вариаций изотопного состава серы сульфидов золотосеребряных месторождений фанерозоя / М.М. Константинов, Т.Н. Косовец // Геохимия. — 2011. — № 9. — С. 939–956.
6. Кормилицын, В.С. Полиметаллические месторождения Широкинского рудного поля и некоторые вопросы металлогении Восточного Забайкалья / В.С. Кормилицын, А.А. Иванова — М: Недра, 1968. — 176 с.
7. Николаева, Л.А. Типоморфные особенности самородного золота и их использование при геологоразведочных работах / Л.А. Николаева, С.В. Яблокова // Руды и металлы. — 2007. — № 6. — С. 41–57.
8. Петровская, Н.В. Самородное золото (общая характеристика, типоморфизм, вопросы генезиса) / Н.В. Петровская — М.: Наука, 1973. — 347 с.
9. Рамдор, П. Рудные минералы и их сростания / П. Рамдор — М.: Изд-во иностранной литературы, 1962. — 1132 с.
10. Спиридонов, А.М. Золотоносные рудно-магматические системы Забайкалья / А.М. Спиридонов, Л.Д. Зорина, Н.А. Китаев — Новосибирск: Гео, 2006. — 291 с.
11. Hoefs J. Stable Isotope Geochemistry / J. Hoefs — Springer. — 2015. — 389 p.

© Редин Ю.О., Редина А.А., Колпаков В.В., 2017

Редин Юрий Олегович // redin@igm.nsc.ru  
 Редина Анна Андреевна // redina@igm.nsc.ru  
 Колпаков Владислав Владимирович // vladk@igm.nsc.ru

УДК 553.068.57

#### Никифоров Ю.А. (СКФ ФБУ «ТФИ по ЮФО»)

### ВЫЯВЛЕНИЕ ПОГРЕБЕННЫХ МЕТАЛЛОНОСНЫХ РОССЫПНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ТРЕТИЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ВОСТОЧНОГО СТАВРОПОЛЯ

*Охарактеризовано состояние промышленного освоения существующих месторождений вольфрама на Северном Кавказе. Предложено новое направление по выявлению погребенных металлоносных россыпных месторождений с перспективой их освоения скважинной гидродобычей. На основе анализа и обработки архивных материалов по скважинам приведены сведения о выявлении в Восточном Ставрополье протяженных (свыше 100 км) погребенных вольфрамоносных россыпей в палеорусловых отложениях третичного возраста на глубинах 300–550 м. Приведены их пространственные параметры и содержания вольфрама (0,05–1 ‰). Дана предварительная оценка про-*

гнозных ресурсов по категории  $P_2$  — 570–630 тыс. т  $WO_3$ . Рекомендованы первоочередные поисково-оценочные буровые работы с оценкой ресурсов категории  $P_1$  и запасов категории  $C_2$  (по двум — трем участкам) с их апробацией в ГКЗ и подготовкой под инвестиционные разведочно-эксплуатационные работы. **Ключевые слова:** Восточное Ставрополье, погребенные палеорусловые россыпи, вольфрам, медь, кобальт, цинк, титан, золото, прогнозные ресурсы, скважинная гидродобыча.

Nikiforov Yu.A. (SKF FGI YFO)

#### INDICATION OF CONCEALED METAL-RICH PLACER DEPOSITS IN TERTIARY DEPOSITS OF EASTERN STAVROPOL REGION

*The article characterizes the status of industrial exploration of current wolfram deposits in the North Caucasus. The author sets forward a new way for indication of concealed metal-rich placer deposits with the perspective of their hydraulic borehole mining exploration. Based on analysis and processing of factual archive records of boreholes in the Eastern Stavropol region, the indications of extensive (more than 100 km) concealed (300–550 m) wolfram placers in paleochannel Tertiary deposits are stated. The characteristics of their stereoscopic parameters and wolfram content (0.05–1 %) are given. Preliminary estimate of prognostic resource by category  $P_2$  — 570–630 thousand ton of  $WO_3$  is given. It is recommended to conduct prospect evaluation survey through drilling with further resource assessment of category  $P_1$  and deposits of category  $C_2$  (2–3 locations) for their approbation in States Reserves Commission to prepare for investment exploratory drillings. **Keywords:** Eastern Stavropol region, concealed paleochannel deposits, wolfram, copper, cobalt, zinc, titanium, gold, prognostic resources, hydraulic borehole mining.*

Выявленный в XX столетии рудный район с уникальным Тырныаузским месторождением W-Mo руд на Северном Кавказе являлся многие десятилетия поставщиком ценного сырья для цветной металлургической промышленности СССР, а с 1991 г. — Российской Федерации. На сегодня из-за невысоких содержаний вольфрама и молибдена в рудах остаточные балансовые запасы крупнейшего в России месторождения находятся за гранью рентабельной добычи в непростых горнотехнических условиях, в связи с чем работа Тырныаузского ГОКа была остановлена.

Существенный прирост запасов вольфрам-молибденовых руд с более высокими содержаниями W и Mo мог бы вдохнуть «вторую жизнь» в добывающее предприятие и решить социально-экономические проблемы для населения г. Тырныауз. Пока такая перспектива просматривается с трудом. Добыча оставшихся вольфрам-молибденовых руд карьерным и в основном подземным способами без государственной поддержки и льготных условий для Тырныаузского месторождения в целом невозможна при существующей конъюнктуре мирового рынка. Избирательная отработка остаточных руд на участках с более высокими содержаниями W и Mo приведет к уменьшению их средних

содержаний в целом по месторождению и в итоге к преждевременному снятию его с Государственного баланса запасов.

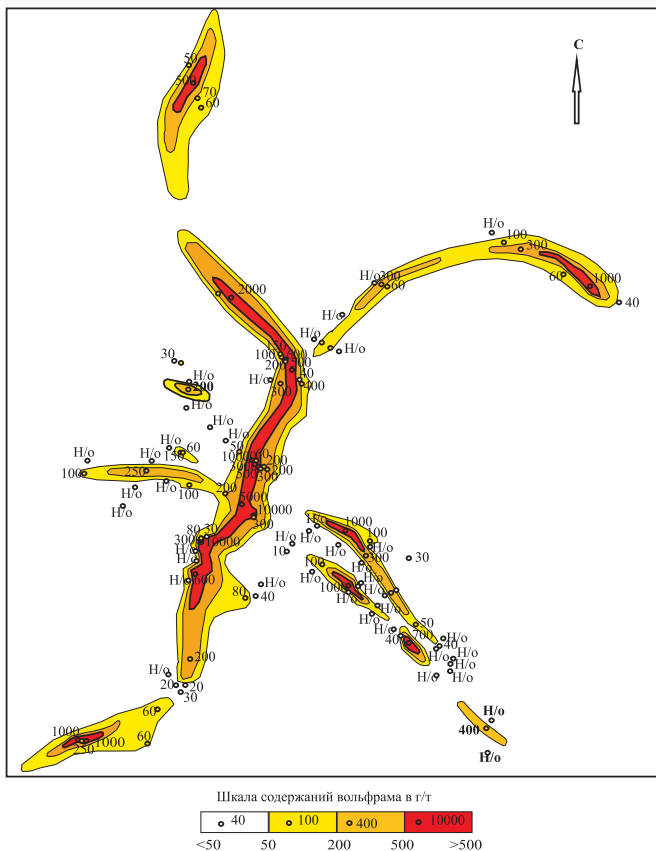
Освоение меньшего по запасам Кти-Тебердинского вольфрамового месторождения в Республике Карачаево-Черкесия, находящегося в схожих горнотехнических условиях с Тырныаузским, сопряжено с созданием нового ГОКа, сопутствующей инфраструктуры, и на государственном уровне в ближайшие годы, вероятно, решение не будет принято.

Выявление погребенных металлоносных россыпных месторождений цветных (W, Cu, Co, Zn и др.) и, возможно, благородных (Au, Ag) металлов в предгорных впадинах на глубинах от 100–150 до 500–600 м под скважинную гидродобычу — наиболее перспективный и быстро окупаемый для инвестиционных проектов выход из сложившейся ситуации.

По предварительным результатам многолетнего сбора и анализа первичных материалов буровых и лабораторных работ по Предкавказью автором в пределах равнинной части Восточного Ставрополья выделены протяженные металлоносные россыпные объекты. Речь идет о совершенно новом россыпном бассейне, ранее в литературе или геологических отчетах не упоминавшемся.

По результатам геохимического и кернового опробования (около 300 проб) в многочисленных скважинах (около 80) на глубинах 140–530 м в Восточном Ставрополье и отчасти в Республике Кабардино-Балкария в третичных отложениях прослежены погребенные металлоносные палеорусловые россыпи. Наиболее значительная из них по высоким содержаниям вольфрама в скважинах прослежена на расстояние 110 км, а с перерывами — до 200 км и имеет разветвления. Ширина палеоруслы, судя по аномальным и рудным содержаниям вольфрама по пробам из скважин, составляет от 1–2 до 7 км. Спрессованная мощность русловых россыпей с промышленно значимыми содержаниями W (0,05–1,0 %) в сечениях по скважинам составляет от первых метров до 12 м, а с ореольными интервалами — до 20–30 м. Простираение русла и его разветвлений — антикавказское. Отмечены также 4 вытянутые металлоносные россыпи кавказского простираения, связанные, очевидно, с погребенными прибрежно-морскими (латеральными) или палеодельтовыми отложениями. Их протяженность по скважинам составляет от 15 до 30–40 км при предполагаемой ширине до 500 м (рис. 1).

Металлоносные россыпи представлены преимущественно рыхлыми песками от крупно- до мелкозернистых, реже с примесью глинистого материала. Нередки обломки фауны и катуны глин, подчеркивающие русловую природу отложений. Большинство геохимических и керновых проб с рудными и ореольными концентрациями вольфрама отобрано из песчаной фракции, реже — из переслаивающихся песчано-глинистых отложений и в единичных случаях из глин. Возраст отложений, вмещающих металлоносные россыпи,  $N_1$ – $N_2$  (по документации скважин), несколько проб



**Рис. 1.** Максимальные содержания вольфрама в третичных отложениях, вскрытых скважинами в пределах Восточного Ставрополя и частично в Республике Кабардино-Балкария (составил Ю.А. Никифоров). Н/о — не обнаружено

отмечено в песчано-глинистой фракции майкопских отложений ( $P_{g_3}-N_1^1$ ). Фрагмент одной из многочисленных скважин, вскрывающей россыпи, с данными лабораторных анализов приведен на рис. 2, а разрез с морфологией погребенных русловых отложений с рудными скважинами — на рис. 3. В целом необходимо отметить достаточно низкий выход керна в рудных скважинах из песчаной фракции, в связи с чем реальные мощности вольфрамоносных интервалов могут быть занижены.

Содержания металлов в порошковых пробах определялись полуколичественным спектральным анализом методами просыпки (геохимические пробы) и сжиганием в графитовом канале (керновые пробы). Лаборатория, в которой проводились определения, ежегодно подвергалась внешнему межлабораторному контролю, включая арбитражные определения ВИМСа, при этом существенных расхождений, выходящих за рамки допустимых, не выявлено. К сожалению, минералогические определения по россыпям не проводились.

Максимальные содержания основной группы коррелируемых между собой элементов W, Cu, Zn, Co в россыпях составили соответственно (в %): 1,0; 0,3; 0,15; 0,15. Нередко к этой группе примыкает титан с содержаниями от 1 % и выше (без корреляции).

Наиболее представительными по проявленности и площади распространения являются ореолы вольфра-

ма. Основным минералом вольфрама, как и в рудах Тырнаузского месторождения, является, по-видимому, шеелит, характерный для россыпных месторождений. Также не исключено частичное присутствие вольфраматов за счет последующих эпигенетических процессов в отложениях, вмещающих россыпи.

Минералы меди, цинка и кобальта в сульфидной и иной форме теоретически не относятся к россыпеобразующим, по Шило Н.А.\* Тем не менее они характерны для Тырнаузского рудного района и для рудных объектов, расположенных в бассейне верховьев р. Малка с ее притоками: Тызыльское и Чочу-Кулакское (Pb, Zn), Малкинское (Fe, Ni, Co), Худесское (Cu, Pb, Zn). Руды вольфрам-молибденового Тырнаузского месторождения сопровождаются также и медными минералами. Предполагается, что в горных условиях преобладала физическая эрозия над химическим выветриванием и, учитывая скоростную динамику горных рек в процессе переноса и захоронения осадков, химическое преобразование минералов этих элементов и вольфрама в русловых фациях не успевало происходить, либо происходило в незначительной степени.

Вне контуров вольфрамовых ореолов (в плане и разрезе) установлены ореолы с высокими содержаниями Ва — от 1–2 % и выше, Sr — от 1 % и выше, серебра — от 5 до 100 г/т и аномальные содержания некоторых других элементов (Pb, Mo, Zr, Ga, и др.).

На золото анализы не проводились, однако известно его наличие в рудах Тырнаузского месторождения вольфрам-молибденовых руд и в многочисленных самостоятельных проявлениях в районе Приэльбрусья. Учитывая величину коэффициента концентрации по W в погребенной россыпи, достигающего значений 500–1000 по отношению к фоновым содержаниям, можно предполагать также наличие и золота в этой россыпи вплоть до промышленно значимых концентраций. Косвенно об этом свидетельствуют содержания золота в сотые и десятые доли г/м<sup>3</sup>, реже первые г/м<sup>3</sup>, в песчано-гравийных смесях современных отложений из карьеров в предгорной части Республики Кабардино-Балкария. Коэффициенты концентрации W, Cu, Zn, Co и других элементов в современном аллювии рек в равнинной части Предкавказья по данным шлиховых проб при ГДП-200 не превышают значений 2–10, поэтому сотые доли г/м<sup>3</sup> золота в современных отложениях и аллювии в равнинном Предкавказье являются его фоновыми содержаниями. Высокая устойчивость золота позволяет предполагать его наличие в погребенных россыпях до первых г/м<sup>3</sup> с учетом коэффициентов концентрации, аналогичных для W.

Вероятные прогнозные ресурсы кат.  $P_2$  приводятся на данном этапе только для вольфрама (при наличии минералогических определений можно было бы их отнести к кат.  $P_1$ ). Исходя из геометрических параметров основной россыпи (100–110 км × 2 км × 5 м), мини-

\* Шило, Н.А. Учение о россыпях / Н.А. Шило. — М.: Изд-во Академии горных наук, 2000.

мального содержания W (0,05 %) и коэффициента рудоносности, условно принимаемого равным 0,5, ресурсы вольфрама по кат. P<sub>2</sub> ориентировочно составляют 450–500 тыс. т или 570–630 тыс. т трехоксида вольфрама. Условность коэффициента рудоносности связана с достаточно редкими профилями скважин (через 15–35 км) и неравномерным шагом бурения по профилям, которые объективно могут уменьшать этот коэффициент. С другой стороны, наличие скважин, не достигших кровли или подошвы металлоносных россыпей, а также нередко низкий процент выхода керна в рудных интервалах могли снизить истинные ширину

и мощность металлоносной россыпи (рис. 2, 3). По этим же причинам расчетами на данном этапе не учтены предварительные ресурсы по остальным установленным россыпям.

По своим параметрам — протяженности, мощности и содержаниям металлов, прежде всего вольфрама, выявленные россыпи могут соответствовать весьма крупному месторождению, а по совокупности признаков, количеству и протяженности россыпей — новому Восточно-Ставропольскому россыпному бассейну.

Наиболее приемлемый и экологичный способ возможной отработки — скважинная гидродобыча с использованием солоноватых и неэксплуатируемых напорных вод, омывающих россыпи, а также возможное использование поверхностных вод. Применение технологии обратной закачки используемых вод позволит исключить загрязнение окружающей среды. Учитывая протяженность основной россыпи, рекомендуется рассмотреть применение передвижного обогатительного оборудования, изготавливаемого на отечественных предприятиях для гравитационно-флотационного обогащения руд. При наличии рудных интервалов значительной мощности на больших глубинах (400–600 м) целесообразно изучение возможностей применения или разработки технологии искусственного обогащения россыпи непосредственно в размываемой камере, т.е. в подземных условиях, а также многоступенчатого наклонного бурения из одного устья. Это могло бы существенно сократить затраты на бурение и снизить минимально промышленные кондиции для россыпных руд. Часть скважин после отработки, тампонажа и установки фильтров может быть задействована для добычи пресной воды для местного населения из вышележающих водоносных горизонтов, что также снижало бы основные затраты. Не исключено проведение опыта по мето-

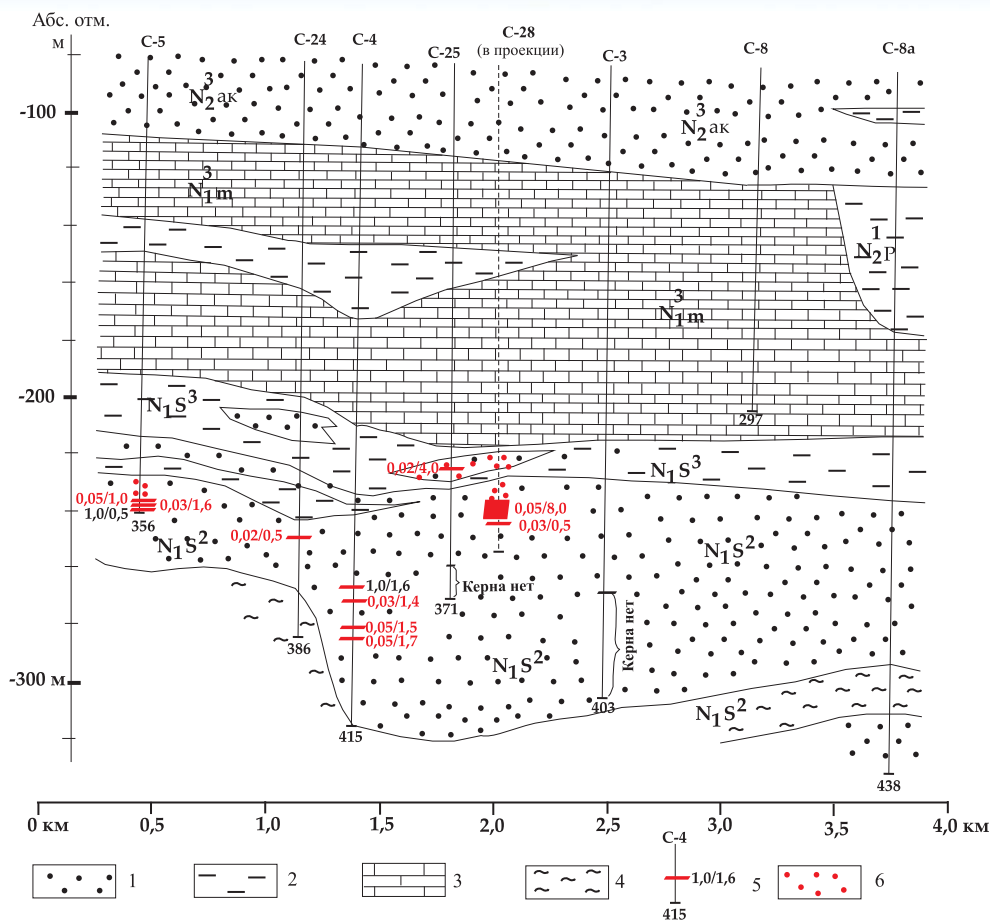
**Скважина № 1**      Начата 19.03.1977  
Окончена 28.03.1977

Площадь Восточно-Ставропольская      Масштаб 1:200      Альтитуда 165,0 м

Возрастной индекс	Интервал глубин, м	Выход керна, %	Литологическая колонка		Номера проб г-геох., к-керна	Содержания элементов по спектральному анализу, г/т (n·10 <sup>-4</sup> %)						Порода
			по керну	принятая с учетом ГИС		W	Co	Cu	Zn	Ti	Zr	
N <sub>1</sub> S <sub>2</sub> (средний сармат)	490	13			10-г	-	30	40	60	1000	н/о	Пески зашамованные
					1-к	-	40	40	н/о	1000	-	
	492	20			2-к	1000	100	50	н/о	<1000	-	
	494	50			3-к	-	40	40	н/о	1000	-	
	496				4-к	100	40	40	н/о	1500	-	
	498	47			5-к	400	50	40	н/о	1000	-	
	500	90			6-к	1000	100	60	н/о	1000	-	
	502				7-к	-	30	40	н/о	1000	-	
	504	80			8-к	-	20	10	н/о	<1000	-	
					9-к	-	30	40	н/о	1000	-	
					10-к	-	30	30	н/о	1000	-	
	506	48			11-к	3000	300	80	н/о	1000	-	
	508											
	510	43			12-к	300	40	50	н/о	1500	-	
	512	25			13-к	60	30	40	н/о	1500	-	
	514	25			14-к	10000	400	600	н/о	1000	-	
	516	20										
	518	20			15-к	10000	1500	3000	н/о	1500	-	
	520											
	522	17			16-к	60	50	50	н/о	1500	-	
524	33			17-к	2000	250	1000	н/о	1000	-		
526												
528	50			18-к	60	30	40	н/о	2000	100		
530	60			19-к	60	30	50	н/о	1000	-		
				20-к	700	60	100	н/о	1000	-		

Забой 540 м

Рис. 2. Фрагмент документации скважины с данными лабораторных анализов (составил Ю.А. Никифоров), н/о — не определялся



**Рис. 3. Восточно-Ставропольская площадь. Фрагмент разреза по скважинам** (составил Ю.А. Никифоров): 1 — пески разнозернистые; 2 — глины; 3 — карбонатные породы (мергели, известняки); 4 — алевролиты; 5 — скважины, их номера, глубина забоя (м), красным цветом отмечены рудные интервалы с содержанием W: в числителе — в %, в знаменателе — в м; 6 — ореольные концентрации W (< 0,01 %). Выход керна по интервалам песков 0–55 %, редко больше. Номера скважин перенумерованы автором из-за наличия повторов в работах разных лет. Масштабы: горизонтальный 1:25 000; вертикальный 1:2000

ду подземного выщелачивания при наличии водных вольфраматов, сопутствующих и других элементов в обводненной солоноватыми водами россыпи, залегающей на значительных глубинах и изолированной водоупорами от пресноводных горизонтов, исключающими загрязнение последних промрастворами.

Для изучения возможности извлечения и разделения тяжелой фракции шлиха на минералы вольфрама, кобальта, меди, цинка, а в ряде случаев и титана, необходимы исследования с отбором лабораторных и технологических проб большого объема. Следует отметить, что по титану Восточное Ставрополье в разрезе третичных отложений имеет огромный потенциал, поскольку во многих скважинах его содержания в песчано-глинистых отложениях по спектральным анализам равны или превосходят величину в 1 % на первые десятки метров по мощности.

Нередко в кровельной, реже в подошвенной части и еще реже непосредственно в рудном пласте с вольфрамовыми ореолами, отмечены содержания бария  $\geq 1$  %, а также стронция  $\geq 1$  %. Необходимо оценить их истинные содержания, поскольку спектральный анализ ограничивался пределом в 1 %, а также изучить их мине-

ральные составы как возможные мешающие факторы при обогащении добытого материала россыпей.

Отдельным вопросом является изучение высоких концентраций серебра (5–100 г/т), галлия (50–150 г/т), ореолы которых не совпадают между собой и с ореолами вольфрама. С ореолами серебра не исключены промышленные концентрации золота, содержания которого в пробах, как отмечалось выше, не определялось. Это самостоятельная проблема и ее решение возможно попутно с поисково-разведочными работами на вольфрам и другие сопутствующие металлы. Редкие аномальные концентрации свинца (0,01–0,02 %), молибдена (0,02–0,1 %), сурьмы (0,1 %), циркония (до 1 %) и других элементов, выявленных в терригеновых отложениях, также требуют оценки на предмет их значимости.

Вмещающие пески кварцевого, реже полимиктового состава после извлечения из них полезных компонентов могут быть реализованы в качестве нерудного сырья

действующим на территории края строительным предприятиям, что с одной стороны снижало бы затраты по добыче, а с другой сделало бы ее практически безотходной.

Для количественной оценки предполагаемого крупного месторождения вольфрама с апробацией ресурсов по кат. P<sub>1</sub> и запасов кат. C<sub>2</sub> на отдельных, 2–3 определенных участках необходимо бурение скважин глубиной 350–550 м суммарным объемом около 10000 м с отбором керна по всему стволу скважин, его опробованием, спектральным анализом на комплекс элементов с последующим химическим анализом их рудных содержаний. Из рудного керна следует создать малые лабораторные и технологические пробы для изучения минерального состава и отработки возможной технологии обогащения и извлечения металлов.

Для оценки достоверных мощностей выявленной вольфрамоносной россыпи, определения компонентов минерального состава и уточнения гидрогеологических условий на первом этапе рекомендуется провести бурение трех заверочных скважин-дублеров в пределах россыпи с наибольшими мощностями и содержаниями W.

После апробации ресурсов по кат.  $P_1$ , запасов по кат.  $C_2$  и предварительного ТЭО кондиций в ГКЗ дальнейшие оценочные и эксплуатационно-разведочные работы со скважинной гидродобычей металлоносных россыпей возможны с привлечением крупных инвестиций, соизмеримых с масштабом предполагаемого месторождения.

© Никифоров Ю.А., 2017

Никифоров Юрий Андреевич // ynicku@rambler.ru

УДК 550.84

Овсянникова Т.М. (ФГБУ «ВИМС»)

### ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОИСКОВ СКРЫТЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

*Представлен обзор геохимических методов, предназначенных для обнаружения скрытых и глубокозалегающих руд в различных ландшафтных и климатических обстановках (селективная экстракция, последовательное извлечение элементов, геоэлектрохимические методы, биовыщелачивание, газовые методы по углеводородам и нанодробям металлов, определение изотопного состава и другие перспективные технологии). Ключевые слова: поисковая геохимия, методы частичного извлечения, почвенный газ, нанодробы, изотопные отношения, скрытые месторождения.*

Ovsyannikova T.M. (VIMS)

### GEOCHEMICAL TECHNIQUES OF FINDING BLIND DEPOSITS

*The article provides an overview of geochemical methods aimed at detecting concealed and deeply buried mineral deposits in various landscape and climatic conditions (selective and sequential partial extraction, geoelectrochemical, bio-leaching, soil gas hydrocarbon and metal nanoparticles methods, isotopic and other advanced technologies). Keywords: exploration geochemistry, partial extraction techniques, soil gas hydrocarbon, metal nanofractions, isotopic ratios, blind mineral deposits.*

Эффективность прогнозных и поисковых работ на месторождения ТПИ существенно зависит от результатов геохимических исследований. Поэтому востребованы достоверные геохимические технологии, позволяющие находить и локализовать глубокозалегающие погребенные и слабо проявленные руды, находящиеся в сложных геологических и ландшафтно-климатических обстановках. Прекрасные предпосылки для развития и внедрения этих методов созданы предшествующими научно-методическими разработками, совершенствованием поисковых моделей и техническим прогрессом в аналитике.

Основная задача глубинной геохимии заключается в выявлении и интерпретации очень слабых экзоген-

ных геохимических сигналов, обусловленных искомой минерализацией и формирующихся в геологической среде, био- и гидросфере за счет современной восходящей миграции рудных и сопутствующих элементов и соединений (рис. 1). Подходы к решению этой задачи весьма разнообразны, но в тех или иных сочетаниях предусматривают извлечение и исследование отдельных гранулометрических и весовых фракций горных пород и почв, форм нахождения элементов, газов, биомассы и других объектов среды, наиболее чувствительных по отношению к экзогенным компонентам. Как правило, к измерениям предъявляются повышенные требования по прецизионности.

Для обобщения и анализа методики удобно представить в виде нескольких условных групп.

**Методы частичного извлечения элементов** используют на разных стадиях геохимических работ по вторичным наложенным ореолам рассеяния. В эту группу могут быть включены селективные и неселективные методики выщелачивания, геоэлектрохимические и другие методы, предназначенные для преимущественного извлечения и количественного анализа подвижных форм, в которых выше доля экзогенных элементов, мигрирующих в основном в водных растворах.

При выщелачивании, чем более слабое воздействие оказывается на материал литогеохимической пробы, тем больше эффективность метода по отношению к экзогенной составляющей, доля которой максимальна в водорастворимой фазе. В этом смысле оправдан выбор деионизированной воды и других очень слабых растворов, селективно извлекающих водорастворимые и непрочные связанные адсорбированные формы, несмотря на значительные природные вариации и низкую аналитическую воспроизводимость результатов. Неразбавленные неорганические кислоты и их смеси растворяют большинство вторичных минералов и частично более устойчивую минеральную матрицу, т.е. мало избирательны по отношению к экзогенным компонентам. Все другие процедуры частичного извлечения являются промежуточными (рис. 2).

Экстракция водой практикуется повсеместно, но схемы обработки проб могут отличаться. Как правило, небольшую навеску тонкой фракции пробы из почвенного горизонта  $B$  обрабатывают деионизированной или дистиллированной водой. В «Activation Laboratories Ltd» (Канада) предложена следующая процедура: 0,75 г пробы (фракция -60 меш) обрабатывают водой при 30 °C в течение 1 часа (Cold Water Leach) или при 60 °C в течение 2 часов (Hot Water Leach), полученные после центрифугирования растворы анализируют на масс-спектрометре Perkin Elmer ELAN 6000/6100/9000.

Обработка дистиллированной водой использована в методе ионно-солевого комплекса (ИСК), разработанном в ВИРГ-Рудгеофизика для изучения соответствующих форм рудных элементов в поровых растворах коренных пород. Усовершенствованная модификация ИСК адаптирована к опробованию рыхлых отложений и почв и предусматривает выдержку тонкой фракции пробы в бидистилляте в течение 5–10 су-