

МЫШЬЯКОВЫЕ ВОДЫ ХАРАДЖУЛЬСКО-БУТРАХТИНСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ (З. САЯН)

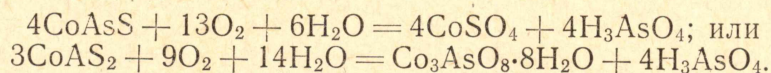
Н. М. РАССКАЗОВ

(Представлена научным семинаром кафедры гидрогеологии и инженерной геологии)

При анализе результатов гидрогеохимических работ, проведенных в 1958—1959 гг. в междуречье рр. Абакан и Таштып на площади Хараджульско-Бутрахтинского рудного поля [1], было установлено для целого ряда водопунктов (поверхностные водотоки, источники, фонтанирующие скважины, штольни) повышенное количество мышьяка — от сотых долей до 5 мг/л. Этот факт заслуживает внимания, поскольку воды с содержанием данного элемента более 0,6 мг/л являются лечебными-минеральными; с другой стороны, наличие мышьяка в количестве более 0,05 мг/л не позволяет использовать природные воды для питьевых нужд.

Распространены мышьяковые воды на площади около 40 км² (рис. 1). Своим происхождением они обязаны сульфо-арсенидным рудам Хараджульского и Бутрахтинского месторождений, главной составной частью которых являются сульфиды меди и арсениды кобальта, никеля. Формируются мышьяковые воды в основном за счет инфильтрации атмосферных осадков. Об этом свидетельствует величина их сухого остатка (не более 300 мг/л) и результаты режимных наблюдений [1]. По мере продвижения к местным естественным дренам воды обогащаются химическими элементами за счет процессов выщелачивания и растворения, чему способствуют расчлененный рельеф и преобладание атмосферных осадков над испарением. По величине рН (6,4—7,4) воды района близки к нейтральным; по общему химическому составу пестрые с преобладанием гидрокарбонатного иона. Обогащение их мышьяком может происходить главным образом за счет следующих процессов: 1) обычного (за счет кислорода) окисления арсенидов и растворения образовавшихся продуктов; 2) электрохимического растворения смесей арсенидов; 3) электрохимического растворения смесей арсенидов и сульфидов.

1) При обычном окислении арсенидов ход реакций можно представить следующим образом [4]:



Образующиеся при этом арсенат и сульфат обладают различной растворимостью: эритрин более устойчив, чем сульфат; однако, и он частично разрушается природными водами.

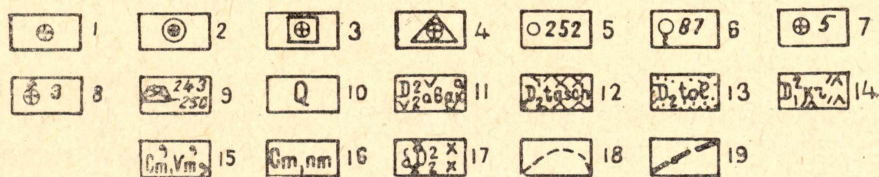
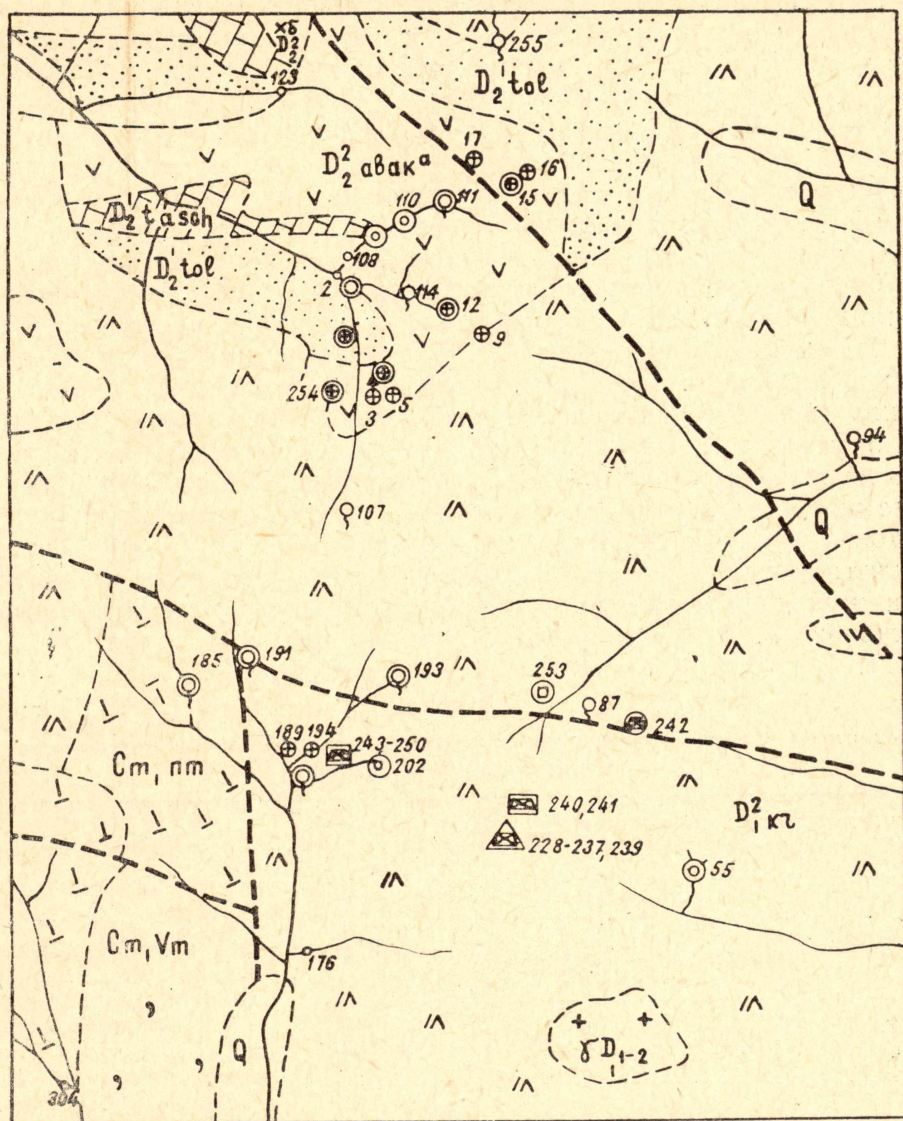


Рис. 1. 1—4—содержание мышьяка в воде в мкг/л : 1—1—10, 2—10—100, 3—100—600, 4—600; 5—точки опробования поверхностных водотоков и их номера; 6—источники и их номера; 7—опробование скважины и их номера; 8—фонтанирующая скважина и ее номер; 9—штольни с номерами точек гидрогеохимического опробования; 10—четвертичный аллювий; 11—абаканская свита, нижний горизонт: плагиофиры, кварцевые порфиры, миндалефиры и их туфы; 12—таштыпская свита: мергели, известняки, в основании свиты мергели с прослоями туфов; 13—толочковская свита: песчаники и алевролиты с прослоями гравелитов, мергелей, линз лабродорово-пироксеновых и диабазовых порфиров, туфов, туфобрекчий и миндалефиров; 14—хараджужская свита: лобродоровые порфиры и их туфы, плагиоклазовые порфиры, туфобрекчии миндалекаменные разности; 15—верхнемонокская свита: порфиры и их туфы, различные по составу сланцы, алевролиты, песчаники, туфопесчаники, конгломераты, туфоконгломераты, тела рифогенных известняков; 16—нижнемонокская свита: спилиты, диабазы, кератофиры, кератоспилиты, метаспилиты, метакератофиры, редко их туфы, линзы яшм, кремнистых сланцев и их мраморов; 17—аккольская интрузия: габбро, диориты, габбро-диориты; 18—геологические границы; 19—тектонические нарушения.

2) Электрохимическое растворение смесей арсенидов изучалось А. С. Дадсоном, который установил факт обогащения водных растворов за счет этого процесса элементами, входящими в состав исследуемых минералов. Он замерил также величину электродных потенциалов последних в сульфатной среде. Позднее Л. К. Яхонтовой [5] были установлены факты усиления процессов обычного (за счет кислорода) окисления некоторых арсенидов при наличии их смесей по сравнению с мономинеральными пробами. Изменение интенсивности окисления Л. К. Яхонтова объясняет влиянием электрохимических процессов.

3) Обогащение природных вод мышьяком может происходить также при электрохимическом растворении смесей арсенидов и сульфидов. Возможность прохождения этого процесса была установлена автором в результате экспериментальных исследований, проведенных под руководством доцентов П. А. Удодова и И. П. Онуфриенко. Проведенные опытные работы можно подразделить на два этапа. В течение первого из них были определены электродные потенциалы арсенидов (шмальтин, никелин) потенциометром ЛП-58 в нормальном растворе хлористого калия по методике, предложенной Г. Б. Свешниковым [2]. Результаты измерений показали, что величины потенциалов зависят от времени нахождения минерала в растворе. Поэтому за эталонные, по предложению Г. Б. Свешникова [3], были взяты суточные значения (табл. 1).

Таблица 1

Результаты измерения электродных потенциалов арсенидов в нормальном растворе хлористого калия

Значение потенциала по отношению к нормальному водородному электроду				Примечание
время измерения	минералы		время измерения	Суточные значения электродных потенциалов сульфидов (по Г. Б. Свешникову) по отношению к нормальному водородному электроду следующие: пирит+485 мв, галенит+150 мв, сфалерит +120 мв.
	шмальтин	никелин		
7.2. 62. 10.00.	+118	+43	10. 2. 62 17. 00.	
8.2.62. 10. 00.	+126	+36	13. 2. 62. 17. 00.	

На втором этапе образцы исследуемых арсенидов дробились; из фракции с размером зерен 0,1—0,25 мм отбиралась проба весом 10 г, которая отмывалась от карбонатов и продуктов окисления в растворе уксусной кислоты и в дистиллированной воде. Затем эти пробы смешивались попарно с аналогично обработанными порошками пирита, галенита, сфалерита и помещались в литровые сосуды с предварительно прокипяченной и остуженной без доступа воздуха дистиллированной водой. После этого сосуды были тщательно закупорены и оставлены на месячный срок, в течение которого пробы воды регулярно перемешивались. Для учета количества кислорода, попавшего в воду при внесении порошков минералов, часть сосудов не закупорили, а определили содержание в них данного газа. Оно оказалось незначительным — менее 1 мг/л; это определение дает возможность установить, какое количество элементов переходит в воду за счет процесса обычного окисления и растворения. По истечении месячного срока растворы сифонированием отделили от порошков и из них был получен концентрат по методу ТПИ, проанализированный затем количественно спектральным путем.

Результаты анализа приведены в табл. 2. При рассмотрении ее можно видеть, что в случае равенства электродных потенциалов арсенида и сульфида (опыт 3) в воду перешло примерно одинаковое количество цинка и кобальта с никелем. Очевидно, здесь прошло обычное окисление минералов за счет кислорода, попавшего в воду при внесении порошков. Иная картина наблюдается у минералов с разными электродными потенциалами, например, в смеси шмальтин-пирит. Здесь четко видно преобладание в растворе суммы кобальта и никеля над железом и низкое по сравнению с двумя первыми элементами содержание мышьяка. Объяснить это явление можно довольно легко, исходя из теории электрохимического растворения. В данном случае протекающие реакции можно представить схематично следующим образом:

на аноде (шмальтин) — $(\text{Co}, \text{Ni}) \text{As}_2 - 6e \rightarrow \text{Co}^{3+}, \text{Ni}^{3+} + \text{As}^0$;
на катоде (пирит) — $\text{MeS} + 2e \rightarrow \text{Me}^0 + \text{S}^{2-}$.

Таблица 2

Содержание химических элементов в воде после месячного нахождения в ней смесей арсенидов и сульфидов

№ опы- тов	Смесь порошков	рН после опытов	Содержание элементов в мг/л					
			As	Co	Ni	Zn	Pb	Fe
1	Шмальтин (+126 мв), пирит (+485 мв)	6,6	1480	3700	592	—	—	400
2	Шмальтин, галенит (+150 мв)	6,4	6160	3850	540	—	300	—
3	Шмальтин, сфалерит (+120 мв)	6,6	4284	214	500	643	—	—

Ионы кобальта, никеля и серы поступают в раствор, а мышьяка и железа остаются соответственно на аноде и катоде. Поэтому в опыте 1 имеем высокое содержание суммы никель + кобальт и низкие — мышьяка, железа. Присутствие двух последних элементов обусловлено, как упоминалось выше, влиянием кислорода, попавшего в воду при засыпке смесей минералов. В случае, если электродный потенциал сульфида окажется более низким, чем у арсенида, будет наблюдаться обогащение раствора мышьяком и металлом, входящим в состав сульфида. В этом случае воды будут обогащаться мышьяком также и за счет электрохимического растворения смеси арсенида и сульфида. Проведенные эксперименты показали возможность прохождения процессов электрохимического растворения в смесях арсенидов и сульфидов, что делает возможным использование гидрогеохимического метода для поисков скрытой сульфо-арсенидной минерализации.

Установление факта повышенного содержания мышьяка в водах описываемого района позволяет поставить вопрос о проведении здесь более детальных работ для окончательной оценки бальнеологических свойств мышьяковых вод. Проведение этих работ вызывается также и тем, что минеральные мышьяковые воды в пределах Западной Сибири не были выявлены, хотя возможности для их обнаружения имеются — здесь нередки сульфоарсенидные месторождения и встречаются также арсенидные. При детальном изучении мышьяковых вод прежде всего необходимо изучить их режим, произвести тщательное количественное содержание мышьяка в водах и наметить места для устройства каптаж-

ных сооружений. В случае получения благоприятных результатов подобные работы могут явиться основой для создания в этой легко доступной, покрытой кедровым лесом, живописной среднегорной местности здравницы специального назначения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. М. Рассказов. Опыт проведения режимных наблюдений при гидрогеохимических поисках. Труды межведомственного совещания по гидрогеохимическому методу поисков рудных месторождений, Изд. Томского Гос. ун-та, 1962.

2. Г. Б. Свешников, С. Л. Добычин, Гальваническое растворение сульфидов и ореол рассеяния тяжелых металлов. Геохимия, № 4, 1956.

3. Г. Б. Свешников. Электрохимическое растворение сульфидных руд и его роль в образовании водных ореолов рассеяния тяжелых металлов. Геологические результаты прикладной геохимии и геофизики. Раздел 1, Геохимия, Доклады советских геологов, Международный геологический конгресс, XXI сессия, Госгеолтехиздат, 1960.

4. С. С. Смирнов. Зона окисления сульфидных месторождений. Изд. АН СССР, 1955.

5. Л. К. Яхонтова, П. А. Радонис. Об окисляемости некоторых арсенидов кобальта, никеля и железа, а также их двойных смесей. Геохимия, № 8, 1956.
