Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XXXIX, вып. 2, 1961 г.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВОЛЬФРАМА ВО ВТОРИЧНЫХ ОРЕОЛАХ РАССЕЯНИЯ

Р. И. Дубов, Е. М. Квятковский

Вольфрам относится к числу элементов, при поисках которых металлометрическая съемка сталкивается с некоторыми затруднениями. Так, в Восточном Забайкалье на ряде рудопроявлений, представленных залегающими среди гранитоидов кварц-вольфрамитовыми жилами, при обычной методике съемки не было зафиксировано четких ореолов рассеяния вольфрама. Иногда он фиксируется в разрозненных пробах, что не позволяет с удовлетворительной точностью задавать горные выработки для вскрытия рудных тел. Для разработки наиболее рациональной методики отбора и обработки металлометрических проб необходимо знание распределения искомых элементов в рыхлых отложениях.

В этом отношении интересны описываемые ниже результаты работ, проведенных на некоторых месторождениях и рудопроявлениях вольфрама. Рудные тела на участках опытных работ представлены крутопадающими кварц-вольфрамитовыми жилами. Участки расположены на смежных возвышенностях, но их геологическое строение и некоторые геоморфологические черты различны.

Первый участок расположен в эндоконтактовой зоне небольшого массива мелко- и среднезернистых грейзенизированных мусковитовых гранитов предположительно предверхнеюрского возраста. Мощность элювиально-делювиальных образований в пределах участка опытных работ 1—4 *м*. Мощность гумусового слоя почвенного покрова, как правило, не превышает 30 *см*. Рудные жилы пересекают склон возвышенности в основном под углом около 30° к изогипсам рельефа. Рудопроявление второго участка расположено в ороговикованных песчаниках и сланцах палеозойского возраста близ контакта с гранитами, слагающими первый участок. Кроме кварц-вольфрамитовых жил здесь наблюдаются кварцевые прожилки без видимой рудной минерализации. Мощность элювиально-делювиальных образований приблизительно 2 *м* и лишь в нижней части склона достигает 3—4 *м*. Мощность гумусового слоя почвенного покрова примерно та же, что и на первом участке. Простирание жил почти параллельно изогипсам рельефа.

Геологическое строение третьего участка почти такое же, как второго. Мощность рыхлых образований изменяется от первых десятков сантиметров до 2 *м*, в том числе мощность гумусового слоя почв — от

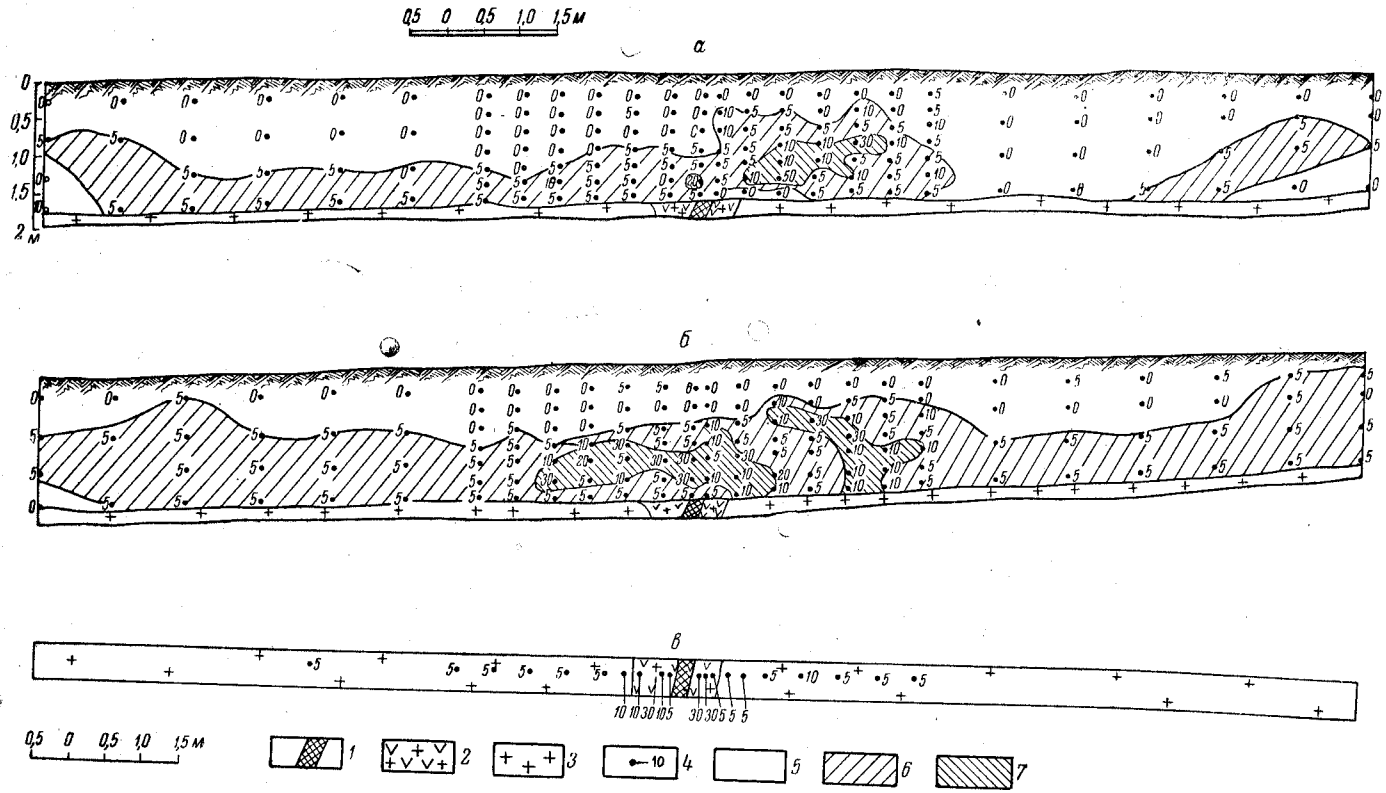


Рис. 1. Результаты металлометрического опробования канавы на первом участке:

а — мелкая фракция (меньше 1 *мм*); *б* — крупная фракция (1—5 *мм*); *в* — штуфное опробование дна канавы. *1* — кварц-вольфрамитовая жила; *2* — зона грейзенизации; *3* — гранит; *4* — места отбора проб и концентрации вольфрама, тысячные доли процента; *5*, *6*, *7* — концентрация вольфрама соответственно менее 0,005; 0,005—0,01 и 0,01—0,03%

нескольких сантиметров до 50 *см*. Кварц-вольфрамитовые жилы на этом участке в основном перпендикулярны изогипсам рельефа.

Для изучения ореолов рассеяния вольфрама по вертикали на всех трех участках было проведено опробование закопушек, шурфов и канав. На втором участке, кроме того, проведена площадная металлометрическая съемка небольшой площади.

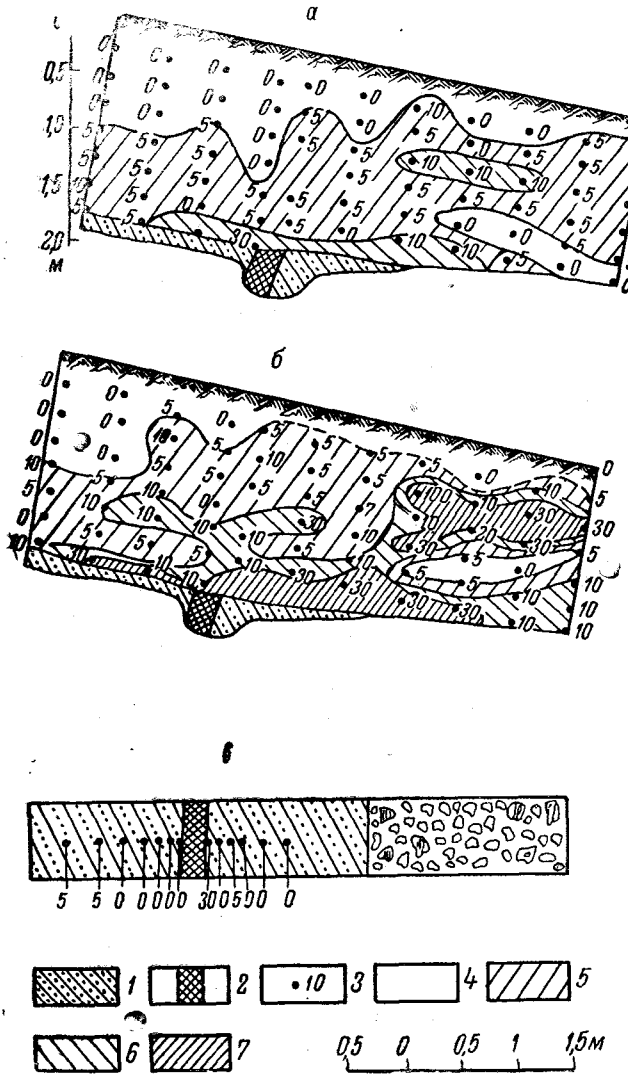


Рис. 2. Результаты металлометрического опробования канавы на втором участке:

а — мелкая фракция (меньше 1 *мм*); *б* — крупная фракция (1—5 *мм*); *в* — штуфное опробование дна канавы. *1* — песчано-глинистые сланцы; *2* — кварц-вольфрамитовая жила; *3* — места отбора проб и концентрации вольфрама, тысячные доли процента; *4, 5, 6, 7* — концентрация вольфрама соответственно менее 0,005; 0,005—0,01; 0,01—0,02 и более 0,02%

Закопушки, канавы и шурфы проходились до коренных пород и располагались вдоль линий, перпендикулярных простиранию кварц-вольфрамитовых жил. Расстояние между точками отбора проб по горизонтали изменялось от 5 до 10 *м*. Пробы брались с глубин 30 и 60 *см*, затем 1, 1,5 и 2 *м*. В каждой точке брались одновременно две

пробы рыхлого материала весом по 300—400 *г*. При глубине отбора 30 *см* пробы отбирались часто непосредственно из гумусового слоя почвы, на остальных глубинах — преимущественно песчано-глинистая фракция делювия с максимальным диаметром частиц не более 5 *мм*.

Одна из проб делилась просеиванием через сито в 1 *мм* на две части по диаметру частиц: 1) до 1 *мм* (мелкая фракция); 2) от 1 до 5 *мм* (крупная фракция). Мелкая фракция перед спектральным анализом квартовалась до навески 20 *г* и истиралась до пудры (мельче 0,1 *мм*). Крупная же фракция предварительно дробилась до 1 *мм*, затем сокращалась квартованием до 20 *г* и истиралась до пудры.

Вторая проба подвергалась отмывке (отмучиванию) от глинистых частиц. После просушки эта проба проходила такую же обработку, как и крупная фракция первой пробы.

Применявшаяся методика спектрального анализа позволяла определять концентрации вольфрама в пробах, начиная с 0,003% [2].

Результаты опробования рыхлых отложений приведены в таблице и на рис. 1 и 2. Как следует из таблицы, с увеличением глубины отбора возрастает относительное число проб с заметными концентрациями вольфрама (0,005% и более). Это как будто свидетельствует об увеличении «видимой» ширины ореола рассеяния с глубиной. Еще ярче видно повышение содержания вольфрама с глубиной по относительному числу проб, содержащих 0,01% металла и более.

Глубина отбора проб, *м*	Число проб	Процент проб с содержанием вольфрама 0,005% во фракции			Процент проб с содержанием вольфрама 0,01% во фракции		
		<1 *мм*	от 1 до 5 *мм*	<5 *мм* (с отмывкой)	<1 *мм*	от 1 до 5 *мм*	<5 *мм* (с отмывкой)
Первый участок							
0,3	96	18	36	94	3	9	34
0,6	79	32	47	95	6	14	38
1	74	49	58	97	16	12	52
1,5	25	76	92	100	48	36	52
2	22	86	100	100	59	64	82
Второй участок							
0,3	113	73	89	100	22	51	73
0,6	113	73	84	99	38	55	66
1	112	82	95	100	48	72	84
1,5	73	94	99	99	70	86	91
2	57	98	98	100	74	84	89
Третий участок							
0,3	119	89	97	96	60	76	81
0,6	86	94	99	99	65	88	93
1	77	95	97	96	82	90	94
1,5	57	100	100	96	93	89	91
2	6	100	100	100	80	100	100

Разумеется, такая закономерность может быть справедлива не для всех частей ореолов рассеяния. На значительном удалении от выхода рудного тела под наносы распределение вольфрама по вертикали в рыхлых отложениях должно быть иным: пробы, отобранные непосредственно у коренных пород, более бедны вольфрамом, чем пробы из верхних горизонтов рыхлых отложений (см. ореолы рассеяния на рис. 1 и 2).

Г. И. Бедров, рассматривая результаты металлометрического опробования шурфов в одном из районов Центрального Казахстана (глубина шурфов до 3 *м*), утверждает, что наиболее богатые металлометрические пробы с вольфрамом концентрируются в верхних частях рыхлого покрова [1]. Противоречие наших результатов выводам Г. И. Бедрова может быть связано с различием условий формирования ореолов рассеяния вольфрама в Восточном Забайкалье и Средней Азии. Однако в статье Г. И. Бедрова не содержится достаточных данных для такого сопоставления. Он обосновывает свои выводы лишь подсчетом проб, в которых обнаружен вольфрам в концентрациях, превышающих чувствительность спектрального анализа (по-видимому, более 0,01%). Как изменяется с глубиной отбора число проб с различными концентрациями, не указывается. Между тем увеличение числа содержащих вольфрам проб с уменьшением глубины отбора может быть вызвано не столько обогащением верхних горизонтов делювия, сколько расширением бедных вольфрамом частей ореолов его рассеяния. Однако при этом должно иметь место заметное сокращение числа проб с более высокими содержаниями вольфрама.

Г. И. Бедров не указывает положения точек отбора проб относительно выходов рудных тел. Он лишь отмечает, что металлометрические пробы отбирались одновременно со шлиховыми по основным долинам, долинам второго порядка и боковым притокам. Это позволяет полагать, что изучению подвергались в основном краевые части ореолов рассеяния рудных тел, находившихся выше по склону (если рудные тела были на участке). Полученные в таких условиях результаты, несомненно, не могут быть отнесены ко всей площади ореолов рассеяния вольфрама в делювии. При отсутствии же рудных тел или на большом удалении от них главную роль в распределении соответствующих элементов в рыхлых образованиях могут играть процессы, отличные от процесса рассеяния рудного вещества месторождений.

Наряду с распределением по глубине представляет интерес также распределение вольфрама по фракциям рыхлых образований.

Как видно из таблицы, фиксируемая при анализе концентрация вольфрама на одной и той же глубине существенно изменяется в зависимости от анализируемой фракции. Процент проб, содержащих заметные количества вольфрама, среди мелкой фракции (до 1 *мм*) меньше, чем среди крупной (1—5 *мм*).

Наиболее богатыми вольфрамом, как и следовало ожидать, оказались пробы, отмытые от глинистых частиц. Самой бедной вольфрамом является, очевидно, глинистая фракция. Возможно, большим содержанием ее в мелкой фракции и обусловлено обеднение последней вольфрамом. При отсеве через сито с диаметром отверстий 1 *мм* глинистые частицы удаляются не полностью, так как они образуют при просушке прочные, трудно разминаемые комочки. В то же время при отсеве во фракцию меньше 1 *мм* не попадают многие мелкие зерна вольфрама с налипшими на них глинистыми частицами, что исключается при отмывке проб от глинистых частиц.

По приведенным в таблице данным видно также, что концентрация вольфрама и «видимые» размеры ореола рассеяния в мелкой фракции изменяются с глубиной быстрее, чем в крупной. Наименее заметно такое изменение по пробам, отмытым от глинистых частиц. Поэтому различие между результатами анализа всех трех фракций больше в верхних и меньше в нижних горизонтах рыхлых образований.

Зависимость величины фиксируемых ореолов рассеяния вольфрама от используемой для анализа фракции элювия-делювия наглядно видна на рис. 1 и 2. На рис. 1 обращает на себя внимание наличие ореола рассеяния вольфрама, связанного, очевидно, с коренными породами: по данным штуфного опробования дна канавы, вмещающие жилу граниты здесь содержат около 0,005% вольфрама. Такая же концентрация фиксируется и в нижнем горизонте элювиально-делювиальных образований. На этот ореол накладывается более локальный ореол рассеяния вольфрама рудной жилы. Верхняя граница ореола, связанного с гранитами, фиксируется гораздо ближе к земной поверхности в крупной фракции, чем в мелкой.

Таким образом, распределение вольфрама в рыхлых образованиях по глубине и фракциям в принципе подобно на всех трех участках работ. Однако некоторое различие между участками все же имеется. Согласно таблице, на первом участке содержание вольфрама в элювии-делювии убывает быстрее с приближением к земной поверхности, чем на втором и третьем участках. С уменьшением глубины отбора проб быстрее возрастает также различие в концентрациях вольфрама в мелкой и крупной фракциях. К гораздо большему обогащению проб приводит на первом участке отмывка проб от глинистых частиц, особенно при малых глубинах отбора (30 и 60 *см*).

Некоторые данные для объяснения описанных зависимостей дает анализ гранулометрического состава рыхлых образований. Отношение веса металлометрических проб до отмывки к весу после отмывки для первого участка, расположенного в пределах гранитного массива, равно в среднем 2,4 при глубине отбора 2; 1,5 и 1 *м*; при глубине 60 *см* — 3,2, а при глубине 30 *см* — 4.

Отмывка большого количества глинистого материала (а при глубине 30 *см* — также гумусового вещества), обогащая пробу, частично компенсирует падение концентраций вольфрама при уменьшении глубины отбора. В среднем для всех изученных горизонтов рыхлых образований в пределах первого участка отмывка проб уменьшает их вес на 64% (в 2,8 раза), проходит же без отмывки через сито 1 *мм* только 42,7%. Следовательно, в мелкой фракции рыхлых образований сравнительно много тонкого глинистого материала, способного при высыхании образовывать сравнительно крупные прочные комочки. Образование значительного количества глинистого материала, очевидно, связано с каолинизацией полевых шпатов. Естественно, что каолинизация под влиянием гипергенных процессов протекает наиболее интенсивно в верхних горизонтах рыхлых образований и здесь более всего разубоживает мелкую фракцию.

В пределах второго и третьего участков, где вмещающими породами являются ороговикованные песчаники и сланцы, образование каолина в элювии-делювии сравнительно незначительно, поэтому обогащение проб при отмывке здесь не столь эффективно, как на первом участке.

Насколько большое влияние на результаты металлометрической съемки оказывает методика отбора и обработки проб, которая должна



Рис. 3. Результаты металлометрической съемки масштаба 1 : 2000 на втором участке

а — фракция меньше 0,25 *мм*; *б* — фракция меньше 1 *мм*; *в* — фракция 0,25—1 *мм*; *г* — фракция 1—5 *мм*; *д* — пробы, отмытые от глинистых частиц (фракция меньше 5 *мм*); *е* — фракция 1—3 *мм*. Концентрация вольфрама: *1* — от 0,005 до 0,01%; *2* — от 0,01 до 0,05%; *3* — от 0,05 до 0,1%; *4* — от 0,1 до 0,3%

выбираться с учетом распределения вольфрама в различных фракциях рыхлых отложений, можно видеть на примере площадной съемки масштаба 1 : 2000 на втором участке (рис. 3). Отбор металлометрических проб производился по сети 20 × 10 *м* из верхнего горизонта делювия с глубины 30—40 *см*. В каждой точке отбиралось по три пробы: одна из них делилась с помощью сит на фракции с диаметром частиц менее 0,25 *мм*, 0,25 ÷ 1 *мм* и 1 ÷ 3 *мм*; вторая — на фракции менее 1 *мм* и 1 ÷ 5 *мм*; третья проба, содержащая частицы с диаметром 5 *мм*, подвергалась отмучиванию от глинистых частиц.

Фракция до 0,25 *мм* резко обеднена вольфрамом. Значительно богаче фракция 0,25 ÷ 1 *мм*. Фракция же с диаметром частиц до 1 *мм*, естественно, занимает промежуточное положение. Следовательно, отсев фракции до 0,25 *мм* существенно обогащает пробы.

Наиболее высокие концентрации вольфрама фиксируются во фракции 1—3 *мм*. В более же крупной фракции (1—5 *мм*) концентрации становятся ниже, т. е. частицы делювия с диаметром от 3 до 5 *мм* (и, очевидно, выше) уже разубоживают пробы. Отмученные пробы содержат приблизительно такое же количество вольфрама, что и фракция 1—3 *мм*. Очевидно, если из проб, подвергавшихся отмучиванию, выделить путем просеивания фракцию до 3 *мм*, то эта фракция окажется наиболее богатой вольфрамом.

Интересно заметить, что общая конфигурация ореолов рассеяния вольфрама устанавливается достаточно четко по анализу крупной фракции делювия и отмученных проб благодаря значительному количеству проб на единице площади, хотя представительность этих проб относительно низка.

Полученные при описанных работах выводы о размерах наиболее богатой вольфрамом фракции делювия нельзя полностью распространить на другие районы. При необходимости размеры наиболее богатой фракции должны уточняться в каждом конкретном районе. Однако общие закономерности справедливы для аналогичных месторождений в подобных условиях. Основываясь на этих закономерностях, можно сделать следующие выводы о методике металлометрической съемки на вольфрам в районах, подобных описанному, когда требуется повышение глубинности и чувствительности съемки:

1. При поисках ореолов рассеяния вольфрама (съемки масштабов 1 : 10 000 и мельче) на площади исследований могут быть встречены различные по геолого-геоморфологическим условиям участки. Поэтому здесь следует производить отмывку (отмучивание) проб от глинистых частиц после предварительного отсева чрезмерно крупной фракции (больше 3 *мм*). То же следует делать и при более крупномасштабных съемках на участках, сложенных гранитами. Такая обработка, как указано выше, в определенной мере аналогична по достигаемым результатам увеличению глубины отбора проб. Поэтому в большинстве случаев при мощности элювиально-делювиальных образований не более 3—4 *м* достаточно отбирать пробы из-под гумусового слоя почв.

2. При поисково-разведочных работах (съемки масштабов 1 : 5000—1 : 2000) на участках, сложенных окварцованными и ороговикованными песчаниками и сланцами, достаточного эффекта можно достичь, выделяя с помощью двух сит из пробы для анализа наиболее богатую вольфрамом фракцию. В случае незначительной мощности рыхлых образований (примерно до 2 *м*) на таких участках дает удовлетворительные результаты и обычная обработка проб с использованием для анализа фракции меньше 1 или 0,5 *мм*.

* * *

В кварц-вольфрамитовых жилах на описанных участках присутствует и касситерит, иногда в близких к промышленным концентрациях. Распределение олова по глубинам и фракциям в общих чертах такое же, как и распределение вольфрама *. Результаты наших анализов на олово также не согласуются с данными Г. И. Бедрова, который пришел к выводу, что с углублением не наблюдается в металлометрических пробах ни заметного увеличения, ни уменьшения содержания олова. В то же время он отметил повышение концентрации касситерита с глубиной в шлиховых пробах, отбиравшихся вместе с металлометрическими.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бедров Г. И. Поиски редкометалльных месторождений в Центральном Казахстане путем изучения вторичных ореолов рассеяния. Изв. АН Каз. ССР, серия геологич., 1956, № 22.
2. Дубов Р. И., Квятковский Е. М. К вопросу о спектральном анализе металлометрических проб на вольфрам. Изв. высших учебных заведений. «Геология и разведка», 1959, № 2.
3. Инструкция по металлометрической съемке. Госгеолиздат, 1957.

---

* См. Квятковский Е. М., Крицук И. Н. «О методике металлометрической съемки при поисках оловянных месторождений» в настоящем сборнике.