

Н. И. ДОЛУХАНОВА

## ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ГИДРОХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОИСКОВ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ПРИРОДНЫХ УСЛОВИЯХ АРМЯНСКОЙ ССР

Вода играет исключительную роль во всех геохимических процессах, происходящих в земной коре. Она занимает особое положение среди природных химических соединений. В ней растворимы в той или иной степени все химические элементы. Она участвует как в образовании, так и в разрушении минералов. Взаимодействуя с горными породами, вода превращается в раствор, в химическом составе которого в разной степени отражается состав этих пород. Встречая рудную залежь, вода, опять-таки в разной мере, растворяет отдельные, составляющие ее компоненты и выносит их на земную поверхность. Воды, связанные с рудными месторождениями, резко отличаются по своему составу, благодаря чему становится возможным использовать химический состав этих вод, как средство для поисков полезных ископаемых.

Процессы миграции отдельных элементов, растворение их в водах очень сложны и протекают различно, в зависимости от разнообразия природных условий — физико-географических условий, геологического строения района, его гидрогеологии, типа месторождения, характера полезного ископаемого и мн. другого. Изучив влияние всех возможных факторов на состав воды, можно научиться по нему читать геологическое строение района и безошибочно определять оруденелые участки.

Умение расшифровывать химический состав воды и связывать его с возможностью наличия в районе полезных ископаемых приобретает большое значение в необнаженных районах, где вода является почти единственным свидетелем процессов, происходящих на глубине. Изучение геохимии вод, связанных с основными типами месторождений, установление закономерностей образования их состава и на этой основе определение поисковых признаков этих месторождений в настоящее время привлекает внимание многих исследователей, как в Советском Союзе, так и за рубежом.

В Армянской ССР, начиная с 1950 г., проводятся исследования по разработке методики гидрохимических поисков рудных месторождений для ее природных условий. На основе изучения гидрогеохимии рудных месторождений республики, их водных ореолов рассеивания были установ-

лены гидрохимические поисковые признаки главных типов месторождений для каждой конкретной физико-географической и геологической обстановки, после чего было приступлено к составлению прогнозных гидрохимических карт рудных районов.

Разработанная методика поисков наряду с изучением подземных и поверхностных вод предусматривает также изучение воднорастворимых частей почв, что, как показал опыт работ, открыло дорогу гидрогеохимическим методам поисков в слабообводненные районы, прежде считавшиеся неперспективными для этих поисков. Применение почвенно-гидрохимической съемки [3] расширило возможности гидрохимического метода, позволило равномерно и полностью освещать изучаемые площади в любых условиях обводненности.

Гидрогеологические условия всех изученных нами месторождений почти аналогичны за редким различием. Почти все месторождения приурочены к высокогорной области и их гидрогеология определяется сильной расчлененностью рельефа, преобладанием в геологическом строении районов интрузивных и эффузивных пород с трещинным типом водопроницаемости и сравнительно незначительной мощностью наносов. Перечисленные факторы приводят к ограниченному формированию подземных вод.

Воды образуются, главным образом, путем непосредственного просачивания атмосферных осадков. В виду крутизны рельефа и малой проницаемости покровных образований, поверхностный сток преобладает над стоком подземным. Только разница в климатических условиях отражается на гидрогеологических условиях отдельных месторождений.

Выделяются два типа подземных вод: воды наносных образований и трещинные воды интрузивных пород. В различной степени оба типа вод связаны между собой и с водами поверхностных водотоков.

Благодаря быстрому водообмену воды месторождений, в основном, слабо минерализованы; особенно слабо представлены воды месторождений, расположенных во влажных климатических зонах. В большинстве своем воды нейтральные и слабощелочные и очень редко с кислой реакцией.

Изученные месторождения имеют, в основном, вкрапленный тип оруденения, что ограничивает доступ окисляющих и растворяющих агентов к рудным скоплениям. Сложены месторождения массивными породами с трещинным типом циркуляции подземных вод, что в свою очередь, локализует влияние вод на определенных участках. Таким образом, зона окисления на изученных месторождениях развита очень слабо и приурочена к определенным трещинам и трещиноватым участкам. Ввиду резко расчлененного рельефа процессы эрозии зачастую опережают процессы окисления. Таким образом, общая физико-географическая и геологическая обстановка, существующая в районе месторождений, не благоприятствует накоплению окисленного материала, а способствует растворению, выносу и рассеиванию металлов.

Зоны окисления развиты сравнительно хорошо на месторождениях, расположенных в местностях с более пологим рельефом и в районах су-

хого климата. На таких месторождениях, где зона окисления находится в стадии активного растворения, вынос металлов количественно увеличивается, что значительно способствует гидрохимическим наблюдениям и в еще большей степени почвенно-гидрохимическим исследованиям.

При прочих равных условиях процессы окисления и выщелачивания выражены сильнее всего для месторождений серноколчеданных, почему и воды этих месторождений минерализованы сильнее. Затем идут медноколчеданные месторождения, за ними полиметаллические месторождения и, наконец, уже медно-молибденовые. В связи с этим наблюдается и тот факт, что месторождения разных типов на гидрохимических картах выглядят с разной интенсивностью.

По степени распространенности и количественному содержанию отдельных металлов в водах и в воднорастворимых частях почв в пределах ореолов рассеивания отдельных типов месторождений определяются следующие соотношения.

На всех медно-молибденовых месторождениях в водах на первом месте стоит молибден, на втором медь, в воднорастворимой части почв, наоборот, на первом месте стоит медь, а на втором молибден. На всех полиметаллических месторождениях в водах на первом месте стоит цинк, затем свинец и, наконец, медь (встречается редко и в очень малом количестве). В воднорастворимой части почв, опять-таки наоборот, на первом месте стоит медь, затем свинец и, наконец, уже цинк. Вероятно, ввиду своей большей подвижности молибден и цинк быстрее мигрируют из почв, чем медь.

Таким образом, наилучшим поисковым признаком медно-молибденовых месторождений, является повышенное содержание молибдена в водах и меди в воднорастворимой части почв. Характерна небольшая тенденция к прямой зависимости между содержанием в водах молибдена и сульфатов при небольших содержаниях последних. Общая минерализация вод мало отличается от фоновой. Характерно существование в водах обратной зависимости между содержанием молибдена и кальция, молибдена и железа. Присутствие молибдена в воднорастворимой части почв менее интересно при широких поисковых исследованиях, так как здесь он образует очень локальные ореолы рассеивания.

Наилучшим поисковым признаком медноколчеданных активно-окисляющихся месторождений является повышенное содержание в водах меди при значительных содержаниях сульфатов. Воды районов месторождений сульфатно-гидрокарбонатные и сульфатные. Общая минерализация вод заметно отличается от фоновой и находится в прямой зависимости от содержания сульфатов. Хорошим поисковым признаком является наличие повышенного содержания меди в воднорастворимой части почв. На медноколчеданных месторождениях, не подвергающихся сильным процессам окисления, медь в водах присутствует в следах. Значительное содержание ее в воднорастворимой части почв, где она образует четкие ореолы рассеивания, является наилучшим поисковым признаком этого типа ме-

сторождений. Косвенным признаком медноколчеданных месторождений иногда бывает повышенное содержание в водах молибдена.

Наилучшим поисковым признаком полиметаллических месторождений является повышенное содержание цинка в водах и меди в воднорастворимой части почв. Второстепенными признаками является присутствие свинца и меди в водах, свинца и цинка в воднорастворимой части почв. Косвенными признаками являются повышенная минерализация вод и повышенное содержание в них сульфатов, находящихся в прямой зависимости от содержания металлов.

Хорошим поисковым признаком серноколчеданных месторождений является повышенное содержание железа в водах (в прямой связи с содержанием сульфатов) и в воднорастворимой части почв. Косвенным признаком является очень повышенная общая минерализация вод, резко отличающаяся от фоновой и зависящая от содержания сульфатов.

Работами А. Р. Галстяна [1] установлено, что четким поисковым гидрохимическим признаком хромитовых месторождений являются гидрокарбонатно-магниевые воды со сравнительно высокой минерализацией, высоким коэффициентом пропорциональности магния к кальцию и высоким содержанием хрома. Фоном являются гидрокарбонатно-кальциевые воды небольшой минерализации при отсутствии хрома или содержании его в сл. следах.

Аномальные содержания молибдена, меди, цинка, свинца, хрома и др. в водах и воднорастворимых частях почв в районе месторождений иногда достигают больших величин.

В районах медно-молибденовых месторождений Армянской ССР молибден обнаружен в рудничных водах в количестве от 0,07 до 0,8 мг/л, в грунтовых водах от следов до 1,6 мг/л, в поверхностных водах от 0,01 до 0,9 мг/л, а в водных вытяжках из почв он содержится от следов до 1,5 мг со 100 г почвы, т. е. в тех же пределах, что и в грунтовых водах района. Но если среднее содержание его в грунтовых водах составляет 0,260 мг/л, то в водных вытяжках из почв оно составляет 0,146 мг со 100 г почвы. Медь содержится в водах только в следах, а в водной вытяжке из почв ее содержание в среднем достигает 0,007 мг со 100 г почвы.

На медноколчеданных и полиметаллических месторождениях медь встречена в кислых рудничных водах в количестве максимально до 180 мг/л, в поверхностных и грунтовых водах она либо отсутствует, либо присутствует в следах, в водных вытяжках из почв содержится от слабых следов до 0,7 со 100 г почв. Таким образом, как исключение, меди в водных вытяжках из почв всегда содержится больше, чем в грунтовых и поверхностных водах.

Цинка в кислых рудничных водах этих месторождений содержится максимально 240 мг/л, в грунтовых и поверхностных водах в сотых долях мг/л, в водных вытяжках из почвы — от следов до 40 мг со 100 г почвы. Свинец содержится в водах этих месторождений максимально до 20 мг/л, минимально в сотых долях мг/л и в следах, в водных вытяжках из почв

от слабых следов до 1,1 мг со 100 г почв. Железа содержится в воднорастворимой части почв в среднем 4,1 мг со 100 г почвы. В водах хромитовых месторождений хром содержится от следов до 1—2 мг/л. В воднорастворимой части почв он обнаружен от сл. следов до 1,0 мг со 100 г почвы.

Для месторождений всех типов количественные выражения аномальных и фоновых содержаний находятся в зависимости от физико-географических и геологических условий района и сильно разнятся по отдельным микроландшафтам. Иногда даже небольшое изменение физико-географических условий (а такое встречается в Армении буквально на каждом шагу, с небольшим изменением высоты или с переменной экспозиции склона) влияет на содержание того или иного элемента в водах. В сильно расчлененных областях, с крутым рельефом и при наличии большого количества выпадающих осадков содержание отдельных элементов в водах резко падает.

При гидрохимических исследованиях особое значение имеет учет размеров и специфичности отдельных ореолов рассеяния. В результате проведенных работ было выявлено, что водные ореолы меди и свинца не всегда сопутствовали своим месторождениям, почему наличие или отсутствие этих металлов в водах не всегда может быть надежным поисковым признаком. Медь и свинец присутствуют в водах окисляющихся месторождений. Наоборот, водные ореолы молибдена и цинка всегда сопутствуют своим месторождениям, причем цинк выносится далеко за пределы месторождений, а ореолы молибдена более локальны. Нашими опытными исследованиями было установлено, что цинк выносится в водах за пределы месторождений на расстояние до 1,5 км, молибден на расстояние 100—150 м, медь за пределы месторождений не выносится. Сульфат-ион распространяется очень далеко. При учете расстояний, на которые мигрируют металлы, также нужно принимать во внимание геологическую обстановку и физико-географические условия района, так что приводимые цифры определяют только порядок этих величин.

Водные ореолы рассеивания, оконтуренные почвенно-гидрохимической съемкой, по молибдену и цинку локальнее, чем их же ореолы, оконтуренные чисто гидрохимической съемкой, а по меди и свинцу эти ореолы выделяются четче и постояннее ореолов, оконтуриваемых только по чисто гидрохимическим данным. Почвенно-гидрохимическая съемка оконтуривает ореолы рассеивания меди месторождений всех изученных типов. Так, на медно-молибденовых и на некоторых медноколчеданных месторождениях, где медь не была обнаружена в водах, ее присутствие установлено в воднорастворимой части почв.

Почвенно-гидрохимическая съемка, таким образом, оказалась лучшим методом исследований, чем чисто гидрохимическая, но она требует, ввиду локальности ореолов, более частого отбора проб. Поэтому она очень хороша при крупномасштабных исследованиях.

Большой интерес представляют исследования, направленные на выяснение возможности применения почвенно-гидрохимической съемки в ха-

рактрных для Армянской ССР районах, покрытых сплошными лавовыми потоками. Опытные работы были поставлены П. М. Каплянцем в Ехегнадзорском районе Армянской ССР на базальтовых покрывках в районе Соганлинского молибденового проявления. Мощность лавового потока здесь колеблется от 5 до 10 метров. Участок составляет самостоятельную орографическую единицу, ограниченную каньонами больших ручьев и изолированную от действия вод соседних участков. В этих каньонах можно было наблюдать мощность лав и залегающие под ними оруденелые порфириды. Нужно сказать, что химический анализ самих базальтов не показал присутствия в них молибдена.

В этом районе почвенно-гидрохимическая съемка на рыхлых образованиях базальтовой покрывки установила содержание молибдена в воднорастворимой части почв от нескольких гаммов и до 0,1 мг/100 г почвы в пределах замкнутого контура, являющегося, вероятно, каким-то отображением рудного тела. Тут, вероятно сыграла роль сильная трещиноватость базальтов, по которой атмосферные осадки достигали оруденелых порфиритов, а капиллярный подъем влаги, содержащий уже следы молибдена, а также влияние почвенно-растительного покрова с глубокой корневой системой растений, способствовали миграции молибдена и концентрации его в верхнем гумусовом слое почвы.

На основе вышеизложенного с 1957 г. было приступлено к составлению прогнозных гидрохимических карт рудных районов Армянской ССР. Ввиду преобладания поверхностного стока над подземным основные определения велись по поверхностному стоку, но с учетом всех родников. Нужно отметить, что опробование гидрографической сети позволяет за короткий срок осветить большие площади и является, таким образом, наилучшим методом региональных гидрохимических исследований больших территорий. На тех участках, где отсутствовали поверхностные водотоки и родники при крупномасштабных съемках исследовались воднорастворимые части почв.

Работы велись следующим образом:

1. Исследованиям предшествовало самое тщательное изучение физико-географической и геологической обстановки района и его гидрогеологических условий. Выделялись в пределах этого района отдельные микроландшафты, для которых впоследствии, при интерпретации результатов гидрохимической съемки, устанавливались свои фоновые содержания отдельных элементов.

2. Работы велись в наиболее сухой период, в летние месяцы — июле, августе, сентябре и даже иногда и в начале октября.

В течение всего периода работ производился точный учет выпадающих в районе осадков. Обработывались имеющиеся данные по предыдущим годам. В периоды временных паводков работы приостанавливались. Опробовались все реки, ручьи и все их притоки. На протяженных речках пробы воды отбирались несколько раз обычно до или после впадения притоков. На картах отмечались места отбора проб с очерчиванием водосбора для каждой пробы и указанием как характера самого ручья, так и

физико-географических и геологических условий его водосборной площади.

3. На участках, лишенных ручьев и выходов подземных вод, отбирались пробы почв. Из них приготовлялась обычная водная вытяжка и она поступала в дальнейшем на анализ, как проба воды. При интерпретации результатов учитывалось, что содержание металлов в родниковых водах превышает, в основном, их содержание в водах поверхностных и в водных вытяжках из почв. Исключение для водных вытяжек составляет медь. Эта разница особенно возрастала для лесной зоны.

4. Основные прогнозные карты составлялись в масштабе 1 : 50 000. Этот масштаб был признан наилучшим для опробования поверхностного стока, так как он обеспечивал нужную для составления карт густоту точек и, с другой стороны, позволял охватить все малейшие проявления гидрографической сети.

5. При определении частоты отбора проб и при интерпретации результатов съемки учитывалась различная подвижность отдельных элементов. Так составление прогнозных карт по молибдену требовало, учитывая локальность его ореолов, более частого отбора проб, чем составление таких карт по цинку.

6. Определялись в водах и соответственно составлялись карты по молибдену, меди, железу, цинку, свинцу, сульфатам и общей минерализации. На последней выделялись участки распространения сульфатных и сульфатно-гидрокарбонатных вод. В ряде проб производился спектральный анализ сухих остатков. На основании его результатов для одного из районов были составлены карты полей равного содержания бария, стронция, серебра и кадмия. В районах распространения ультраосновных пород определялось содержание хрома, кобальта и никеля.

7. Медь определялась карбаматным методом, молибден роданидным методом с экстрагированием в эфирном слое, железо общероданидным методом, цинк — дитизоном, свинец — дитизоном с применением цианистого калия, сульфаты — нефелометрическим и весовым, хром — хроматным.

8. При отборе проб записывались: характер ручьев, их дебит, протяженность, разветвленность, характер русла, скорость течения, характер берегов, степень их обнаженности. Результаты ряда опытных работ, проводившихся с учетом всех этих факторов, показали какое серьезное влияние они оказывают на гидрохимические характеристики и как затрудняют интерпретацию последних без правильного учета этих моментов.

9. Учитывалось наличие в районе месторождений, уже вскрытых разведкой, так как наличие их увеличивает зараженность прилегающего района отдельными рудными элементами. Надо сказать, что такая зараженность не выходит за пределы отдельных небольших орографических единиц и, таким образом, возможность образования «ложных» ореолов ограничена. Гидрохимические характеристики таких площадей, конечно, не могут быть эталонами для всего района, даже однотипного.

10. Гидрохимические карты, составленные без учета всего перечисленного многообразия факторов, ничего не говорят о перспективности от-

дельных площадей. На этих картах должны быть отмечены все эти моменты, причем общая методика такого показа еще не разработана.

Пока отмечают только границы отдельных микроландшафтов и в пределах их устанавливаются в каждом случае свои фоновые содержания и степень перспективности различных выделенных аномалий.

В результате для пользования составлялись карты, отвлеченные от числовых характеристик. На них указывались аномалии, возможно перспективные для отдельных типов оруденения, вероятно перспективные и безусловно перспективные, а также районы бесперспективные, а то, что оставалось неясным, относилось к районам с невыясненными перспективами рудоносности.

Институт геологических наук  
АН Армянской ССР

Поступила 20 XI. 1960.

Ն. Ի. ԴՈԼՈՒԽԱՆՈՎԱ

## ՄԵՏԱՎԱՅԻՆ ՀԱՆՔԱՎԱՅՐԵՐԻ ՀԻՒՐՈՔԻՄԻԱԿԱՆ ՈՐՈՆՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻ ՓՈՐՁԸ ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՌ ԲՆԱԿԱՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հողվածում նկարագրվում է օգտակար հանածոների որոնման հիդրոգեոքիմիական մեթոդը: Այս մեթոդը հիմնված է ջրի քիմիական մեծ լուծունակության վրա: Հանդիպելով հանքային մարմնի հետ, ջուրը այս կամ այն շափով լուծում և իր հետ որոշ տարածության վրա տեղափոխում է այդ հանքային մարմնի մեջ մտնող բաղադրիչ տարրերին: Այսպիսով ջուրը հագեցնում է հանքային տարրերով և իր քիմիական կազմով տարբերվում է սովորական հոսող ջրի կազմից: Այս երևույթը հնարավորություն է տալիս որոնման աշխատանքներում կիրառել հիդրոքիմիական ավելի ռացիոնալ և էժան մեթոդը:

Սկսած 1950 թ. հետազոտություններ է կատարվում Հայկական ՍՍՌ բնական պայմաններում հանքային մարմինների որոնման հիդրոքիմիական հանույթի մշակման ուղղությամբ: Ուսումնասիրելով ռեսպուբլիկայի մետաղային հանքավայրերի շրջանում տարածված ջրերի հիդրոքիմիան հնարավոր եղավ ամեն մի կոնկրետ ֆիզիկա-աշխարհագրական և երկրաբանական պայմանների համար տալ հանքավայրերի գլխավոր տիպերի որոնման նշանները:

Մշակված մեթոդիկական մակերեսային և ստորերկրյա ջրերի քիմիական հատկությունների ուսումնասիրման հետ մեկտեղ նախատեսում է հողահիդրոքիմիական հանույթի կիրառում, որը ինչպես ցույց տվեց աշխատանքային փորձը, ուղի հարթեց որոնումների հիդրոգեոքիմիական մեթոդի կիրառման համար: Հիդրոքիմիական որոնումների առավելությունը կայանում է նրանում, որ մակերեսային և ստորերկրյա ջրերով աղքատ շրջաններում հողային մրգվածքներից ստացված ջրերի քիմիական կազմի ուսումնասիրության միջոցով հնարավոր է դառնում լրիվ լուսաբանել ուսումնասիրվող շրջանը:

Վերը նշվածի հիման վրա 1957 թ. սկսվել են Հայկական ՍՍՌ հանքային շրջանների պրոգնոզային հիդրոգեոքիմիական քարտեզների կազմման աշխատանքները: Ի նկատի ունենալով, որ Հայկական ՍՍՌ պայմաններում մակերես-

սային հոսքը պերիշխում է ստորերկրյա հոսքի նկատմամբ, հիմնական որոշումները կատարվում է մակերեսային հոսքի միջոցով, իհարկե հաշվի առնելով նաև բոլոր աղբյուրները: Պետք է նշել, որ մակերեսային հոսքի նմուշարկումը թույլ է տալիս կարճ ժամանակամիջոցում ընդգրկել մեծ տարածություններ:

Աշխատանքները կատարվում են հետևյալ կերպ:

Մանրակրկիտ ձևով ուսումնասիրվում է շրջանի ֆիզիկա-աշխարհագրական, երկրաբանական և հիդրոերկրաբանական պայմանները: Այդ շրջանում առանձնացվում են միկրոլանդշափոններ, որոնց համար հետազայում (հիդրոգեոքիմիական, հանանկարից հետո) որոշվում են առանձին տարրերի ֆոնային պարունակությունները:

Դաշտային աշխատանքների ընթացքում կատարվում է մթնոլորտային տեղումների քանակի հաշվարկում և մշակվում են անցած տարիների տվյալները: Տեղումների ժամանակ աշխատանքները դադարեցվում են, 1.50.000 գծաչափի քարտեզի վրա նշվում են նմուշարկման տեղերը: Պրոգնոզային քարտեզները կազմվում են ամեն մի տարրի համար առանձին, որից հետո այդ ամենը ընդհանրացվում է մեկ քարտեզի վրա: Քիմիական անալիզները կատարվում են դաշտում, դաշտային պարզեցված մեթոդով:

Սրագրում նկարագրվում են նմուշների վերցման տեղը, հոսող ջրերի քանակը, գետակի երկարությունը, հունի և ափերի բնույթը, հոսանքի արագությունը, շրջապատի ապարների մերկացվածության, քայքայվածության աստիճանը և այլն:

Փորձնական աշխատանքները ցույց տվեցին, որ այս բոլոր գործոնները մեծ ազդեցություն ունեն շրջանի հիդրոգեոքիմիական բնութագրման վրա: Հաշվի են առնվում նաև շրջանի օգտակար հանածոների հանքավայրերը և երևակումները, քանի, որ նրանց առկայությունը մեծացնում է մետաղներով վարակված լինելու աստիճանը:

Պետք է նշել, որ այդպիսի վարակվածությունը դուրս չի գալիս առանձին օրոգրաֆիկ շրջաններից և «կեղծ» անոմալիաների առաջացումը սահմանափակ է: Վարակված շրջանների հիդրոքիմիան չի կարող չափանիշ հանդիսանալ ամբողջ շրջանի համար:

Հիդրոգեոքիմիական քարտեզները, որոնք կազմված են առանց վերը նշված գործոնները հաշվի առնելու, ոչինչ չեն կարող ասել շրջանի հանքաբերության մասին: Այդ քարտեզների վրա պետք է հաշվի առնել բոլոր նշված գործոնները:

Կազմվող քարտեզների վրա հանքայնացման առանձին տիպերի համար նշվում են հնարավոր հավանական, անկասկած հեռանկարային անոմալիաները, խնչպես նաև ոչ հեռանկարային շրջանները, իսկ այն ինչ մնում է անհասկանալի դասվում է չպարզաբանված հեռանկարային շրջանների շարքին:

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Галстян А. Р. Гидрогеология и гидрогеохимия Шоржинского хромитового месторождения. Тезисы докладов Второй Закавказской конференции молодых научных сотрудников АН Закавказских республик. Баку, 1959.
2. Долуханова Н. И. Опыт применения гидрохимической съёмки на медно-молибденовых месторождениях Армянской ССР. Изд. АН АрмССР, Ереван, 1958.

3. Долуханова Н. И. Почвенно-гидрохимический метод поисков месторождений полезных ископаемых. Бюллетень научно-технич. информации Мин-ва геологии и охраны недр СССР, № 4, 1959.
4. Каплян П. М. Опыт применения гидрогеохимических исследований в Азизбековском районе Армянской ССР. Труды Первой Закавказской конференции молодых научных сотрудников Геол. ин-тов АН Закавказских республик. Ереван, 1959.
5. Перельман А. И. Очерки геохимии ландшафта. Географгиз, М., 1955.