

**НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ
ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОД ЗОН ТЕКТОНИЧЕСКИХ
НАРУШЕНИЙ (НА ПРИМЕРЕ ТОМЬ-ЯЙСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ)**

П. А. УДОДОВ, В. М. МАТУСЕВИЧ

(Представлена кафедрой гидрогеологии и инженерной геологии)

Для горноскладчатых сооружений и гидрогеологических массивов основными путями циркуляции подземных вод ниже зоны выветривания служат тектонические нарушения. Они представляют собой очень сложные и разнообразные водонапорные системы, как это отмечено в работах А. М. Овчинникова [6].

Характерной особенностью этого типа вод является несколько повышенная общая минерализация, более сложный состав макро- и микрокомпонентов, что отражает сложные условия их питания и циркуляции. В процессе разгрузки они смешиваются с водами различных горизонтов, иногда значительно отличающимися по химическому составу. Кроме того, эти обводненные зоны могут находиться и в различных геохимических обстановках.

Своеобразие химического типа вод зон тектонических нарушений особенно резко проявляется в составе и содержании микрокомпонентов. Как известно, большинство зон тектонических нарушений характеризуется наличием той или иной минерализации, которая является источником обогащения вод микрокомпонентами. В процессе их обогащения значительную роль играют растворенные в водах газы (O_2 , CO_2 и др.).

Изучение описываемых вод имеет большое значение для решения следующих вопросов гидрогеологии:

1. Формирование химического состава подземных вод, в особенности для районов, перекрытых толщей рыхлых отложений [6].
2. Поиски месторождений полезных ископаемых (гидрогеохимический метод).
3. Поиски подземных вод для целей водоснабжения и минеральных вод.

В дальнейшем мы кратко остановимся на рассмотрении этих вопросов на примере одного из районов Томь-Колыванской складчатой зоны, где авторы в течение нескольких лет занимаются изучением химического состава вод зон тектонических нарушений в процессе проведения гидрогеохимической съемки.

Район исследований приурочен к стыку трех геологических структур: Томь-Колыванской складчатой зоны, Кузнецкого Алатау и Кузнец-

кой котловины в области сопряжения их с юго-восточной окраиной Западно-Сибирской низменности. Геологические структуры района имеют двухъярусное строение. Нижний структурный ярус представлен сильно дислоцированными отложениями палеозойского возраста (эффузивно-осадочная толща); верхний ярус слагается песчано-глинистыми рыхлыми отложениями и перекрывает плашеобразно породы фундамента. Выходы на дневную поверхность коренных пород отмечаются по некоторым долинам рек. Мощность рыхлых сложенных в среднем составляет 50-60 м и значительно увеличивается в сторону Западно-Сибирской низменности, а также на участках древних эрозионно-тектонических впадин.

В районе Томь-Колыванской складчатой зоны песчано-сланцевая толща девона и карбона прорвана многочисленными дайками диабазов, долеритовых диабазов, диабазовых порфиритов и др. различного возраста, причем наиболее молодые отнесены предположительно к триасу или юре 5. Дайки выполняют тектонические разломы преимущественно северо-западного направления, т. е. вкрест основной геологической структуре. Кроме того, в районе отмечены тектонические нарушения северо-восточного простирания.

С зонами тектонических нарушений различного направления связана слабая вкрапленная и прожилковая сульфидная минерализация (пирит, халькопирит, марказит, сфалерит, антимонит и др.).

Геологическое строение района исследований находит свое отражение и в гидрогеологических условиях. Здесь можно выделить два водоносных комплекса: 1) водоносный комплекс песчано-глинистых отложений покрова и 2) водоносный комплекс региональной трещиноватости коры выветривания пород палеозоя и зон тектонических нарушений. Обоснование указанных комплексов и их краткая характеристика с выделением типов вод приведены в работе авторов [9].

Следует лишь отметить, что каждый из выделенных комплексов может быть приурочен к различным гидродинамическим зонам и обстановкам. Так, например, пластово-поровые воды верхнего структурного яруса на участках эрозионно-тектонических впадин находятся в зоне замедленного водообмена, в то время как трещинные воды второго водоносного комплекса (нижний структурный ярус) на участках поднятий и дренажа речными долинами характеризуются активной циркуляцией.

В целом район исследований относится к полураскрытой, промытой гидрогеологической структуре по Н. К. Игнатовичу [4].

Гидрогеохимические исследования в районе и опытные работы на отдельных участках, связанные с изучением минеральных вод (Заварзинские радоновые воды), показали наличие в большинстве случаев гидравлической связи трещинных вод коры выветривания с водами зон тектонических нарушений и последних с водами верхнего структурного яруса. Эта связь выражается в том, что, во-первых, очень часто мы наблюдаем наличие комплекса элементов в грунтовых водах, характерного для вод зон нарушений (свинец, цинк, сурьма, мышьяк, барий и т. д.). Кроме того, на эту связь указывает сравнительно постоянный режим некоторых поверхностных водотоков в меженный период.

Однако в результате гидрогеохимической съемки были отмечены и выходы источников, связанных главным образом с водами зон тектонических нарушений. Они имеют более постоянный дебит (0,5—1,0 л/сек), температуру (5—6°C), состав и содержание макрокомпонентов. Обычно с выходами этих источников связано формирование карбонатных травертинов (известковых туфов) в виде конусов, чаш, покровов и др. Мощность их достигает до двух и более метров (рч.рч. Ушайка, Басандайка,

Киргизка и др.). Они иногда содержат значительное количество железа и марганца, чем обуславливается их различная окраска (от белой до темнубурой и черной). Спектральный анализ травертинов показывает наличие в них значительного комплекса микрокомпонентов (цинк, свинец, серебро, барий, медь, никель, кобальт и др.). Некоторые из них были встречены как в подземных водах, так и в горных породах зон тектонических нарушений. Так, по одной из зон нарушений (Щербакская зона смятия) скважиной были пройдены породы с вкрапленной минерализацией сфалерита. К другим зонам приурочено рудопроявление антимонита и т. д. Содержание в водах зон тектонических нарушений определенных комплексов тяжелых металлов в зависимости от типа минерализации позволяет использовать их в качестве поисковых критериев при проведении гидрогеохимических исследований. Опыт работ показал, что даже при глубине зоны минерализации около 200 м она фиксируется на поверхности при гидрогеохимическом опробовании источников, связанных с этой зоной (Щербакская зона смятия).

Комплексы и содержание тяжелых металлов в водах служат основным критерием при выявлении и прослеживании зон тектонических нарушений, перекрытых толщей рыхлых отложений.

Гидрогеохимические исследования, проведенные авторами на территории Томь-Яйского междуречья, показали, что карбонатные травертины, так же как и воды зон тектонических нарушений, характеризуются сложным комплексом микрокомпонентов. Ниже приводим результаты химических и спектральных анализов описываемых вод и травертинов. Как видно из табл. 1, воды зон тектонических нарушений имеют очень сложный и разнообразный химический состав. Здесь встречаются гидрокарбонатные, иногда гидрокарбонатно-хлоридные воды с наличием сульфат-иона (до 20 мг/л). Обращает на себя внимание несколько повышенная общая минерализация (в среднем 600 мг/л), которая для других типов вод в районе редко превышает величину 200—250 мг/л. Наличие в воде таких компонентов, как двухвалентное железо, а также повышенное содержание углекислоты и хлора свидетельствуют о значительной глубине циркуляции этих вод. Во всяком случае наличие некоторых элементов, характерных для восстановительной обстановки в воде, очевидно, так как отношение $\frac{Fe^{2+}}{Fe^{3+}}$ иногда больше десяти.

Что касается микрокомпонентов, то нужно отметить повышенное их содержание в водах зон тектонических нарушений. Здесь присутствуют такие специфические элементы, как ртуть, кадмий, серебро, сурьма, мышьяк и др., что свидетельствует о наличии зоны минерализации. Обращает на себя внимание также повышенная температура воды по некоторым скважинам. Две из них приведены в табл. 1. Природа этого явления еще не выяснена, однако фактический материал позволяет предполагать, что одним из источников повышенной температуры возможно является процесс окисления сульфидов в условиях несколько затрудненной разгрузки подземных вод. Последнее обстоятельство имеет место в районе, в связи с наличием значительной мощности рыхлых отложений существенно глинистого состава. В этом случае, очевидно, искусственное усиление разгрузки воды (например, самоизливающие скважины) должно, с одной стороны, привести к понижению температуры воды и, с другой, к уменьшению содержания в воде сульфат-иона и тяжелых металлов. Действительно, на двух участках района, где авторы имели возможность сопоставить результаты, этот факт наблюдается. Так, на участке рч. Малка, близ с. Семилужки при гидрогеохимическом опробовании была зафиксирована повышенная температура (11°C) воды. Содержание сульфат-иона равно 8 мг/л, сумма халькофильных

Таблица 1

Содержание макро- и микрокомпонентов в водах зон тектонических нарушений по источникам и скважинам
Томь-Яйского междуречья

№ п. п.	Местоположение	Температура воды, °С	Содержание макрокомпонентов в мг/л											Содержание микрокомпонентов в мкг/л									
			pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	CO ₂ своб.	Fe ²⁺	Fe ³⁺	сухой остаток	Pb	Cu	Zn	Ag	Sb	As	Hg	Cd		
			Источники																				
1	дер. Дунино	5	7,0	90	10	250	957,7	14,0	4,26	70	8	10	850	2,4	7,2	72	0,5	—	—	—	—		
2	рч. Щербак	5	8,0	140	—	72	610	4	4,26	44	—	0,3	520	3	3	100	0,5	100	14	—	3		
3	рч. Ташма	6	6,8	320	—	18,4	512	4	14,2	105	—	—	612	0,5	3	600	0,5	10	—	—	—		
4	дер. Подломск	5,5	6,7	112	6	11	366	20	21	44	3	0,3	335	0,5	1	30	0,5	10	—	—	—		
5	рч. Куербак	6	7	84	25	25	440	—	7	60	2	1,3	362	3	3	100	0,1	60	—	—	—		
			Скважины																				
1	с. Семилужки																						
2	рч. Малка	11	8,0	75	33	20	427	8	6	9	—	—	340	14	14	480	—	14	—	—	—		
	(самонзливающаяся)	7,5	7,2	100	33	50	550	—	30	31	—	—	500	1,4	1,4	14	—	—	—	—	—		
3	рч. Киргизка	10	6,8	70	13	50	372	16	12	18	—	—	350	15	15	1500	—	—	—	—	—		
4	(самонзливающаяся)	5,0	6,8	51	32	33	372	—	17	66	7	1,5	340	—	2,1	70	—	1	—	—	—		
5	дер. Турунтаево																						
	(самонзливающаяся)	5,0	7,0	350	10	226	1110	30	334	62	3	0,3	1506	1	3	100	0,1	30	—	10	—		
6	р. Щербак	8	7,0	50	2,4	74	320	20	11	2,7	—	—	316	10	6	1200	1	30	10	1	—		

элементов превышает 500 *мкг/л*. В скважине же, расположенной в 50 м от вышеуказанной (последняя дает самоизливающуюся воду с дебитом 0,1 *л/сек*), температура понизилась до 7,5°C, сульфат-ион отсутствует, а содержание того же комплекса элементов уменьшилось более чем в 30 раз. Аналогичная картина наблюдается по скважинам ручного бурения на участке рч. Киргизка, где с понижением температуры воды содержание сульфат-иона уменьшается более, чем в 16 раз, а сумма элементов — более чем в 20 раз (табл. 1).

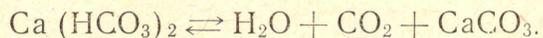
В описанных фактах вызывает некоторое сомнение значительная амплитуда в изменении температуры воды, равная 5°C при сравнительно невысоком содержании сульфат-иона. Заметим, в этой связи, что по некоторым скважинам по Урбейской зоне смятия при температуре воды 8—9° содержание сульфат-иона достигало 60 *мг/л*, а сумма элементов превышала 1000 *мкг/л*. К сожалению, на этих участках не представилось возможным сравнить указанные данные с самоизливающимися скважинами, так как участок приурочен к водоразделу. Однако, по источникам, как правило, наблюдается пониженное содержание микрокомпонентов и содержание сульфат-иона, редко превышающее 4 *мг/л*.

Повышенная температура воды по скважинам в зонах тектонических нарушений может быть и в результате термометаморфических явлений. Это вполне увязывается с признаками глубокой циркуляции вод. Отсутствие же повышенной температуры вод в источниках, очевидно, связано с тем, что в подавляющем большинстве случаев восходящие воды, прежде чем выйти на дневную поверхность, смешиваются с водами верхних горизонтов, имеющих более низкую температуру. Кроме того, температура воды в источниках, связанных с зонами нарушений, изменяясь незначительно в зимнее время, равна 5—6°C, что значительно превышает среднегодовую температуру района.

В формировании химического состава вод огромная роль принадлежит растворимым в них газам, в особенности кислороду и углекислоте. Тектонические нарушения, как известно, обеспечивают наибольшую глубину проникновения растворенного в воде кислорода, в результате чего даже на значительных глубинах могут происходить процессы окисления сульфидов. Как показывают результаты опробования картировочных скважин, на глубине 150 м от поверхности в водах фиксируется кислород и сульфат-ион, хотя содержание кислорода с глубиной уменьшается. Свободная углекислота в данном районе оказывает значительное влияние на формирование химического состава вод. Выше уже отмечалось значение карбонатных травертинов, как поисковых критериев при выявлении и прослеживании зон тектонических нарушений. Образование их связано с воздействием на карбонатные породы вод, обогащенных CO₂ на некоторой глубине в термодинамических условиях, отличных от атмосферных по известной реакции

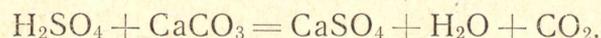


При выходе вод на дневную поверхность в результате удаления углекислоты в атмосферу нарушается карбонатное равновесие и происходит отложение карбонатных травертинов



На эти образования было обращено внимание еще в 1925 г. М. П. Орловой [7] при оценке подземных вод окрестностей Томска в отношении использования их в бальнеологии. Химические анализы воды по некоторым травертиновым источникам, приведенные в ее работе, показывают повышенное содержание в них CO₂ (до 219 *мг/л*), кальция (до 156 *мг/л*), HCO₃ — до 600 *мг/л*. «Известковые воды» М. П. Орлова связывает с тектоническими зонами и дайками диабазов.

Приведенные авторами в табл. 1 данные также свидетельствуют о весьма высоком содержании в водах кальция, гидрокарбонат-иона и свободной углекислоты. В настоящее время вопрос о происхождении углекислоты в водах в том количестве, чтобы на поверхности могли формироваться карбонатные травертины (известковые туфы), является дискуссионным. Не останавливаясь на рассмотрении различных точек зрения, укажем, что основным источником CO_2 в водах зон тектонических нарушений являются термометаморфические процессы, подробно рассмотренные в работах А. Г. Бетехтина [1], А. М. Овчинникова [6] и других исследователей. В последнее время С. А. Дуров [2] уделяет большое внимание в этом вопросе процессам окисления сульфидов, на что обращал внимание академик С. С. Смирнов [8]. Образующаяся свободная серная кислота взаимодействует с карбонатными породами



В рассматриваемом районе нельзя игнорировать ни одного из двух указанных способов образования свободной углекислоты, так как это вполне соответствует, с одной стороны, глубокой циркуляции вод и, с другой, — характерной их малосульфатности, несмотря на значительное развитие пиритизации по зонам нарушений и высокое содержание в водах микрокомпонентов. Во всяком случае эти процессы не исключают друг друга, а дополняют как в формировании углекислых вод, так и в повышении температуры последних.

Выпадение известковых туфов, очевидно, играет большую роль в формировании в Томском районе щелочных вод ($\text{pH} = 8,0-8,6$), что объясняется удалением из вод карбоната кальция, свободной углекислоты и, в связи с этим, резким преобладанием в воде гидрокарбоната натрия, который более устойчив в растворе по сравнению с кальцием. Поэтому в большинстве случаев поверхностные водотоки на участках зон тектонических нарушений (рч. Щербак, Березовая, Омутная и др.) характеризуются повышенной щелочностью, что, очевидно, можно использовать наряду с наличием известковых туфов как поисковый критерий при выявлении и прослеживании зон тектонических нарушений, перекрытых рыхлыми осадками.

Большое влияние оказывает баланс CO_2 в водах зон тектонических нарушений в районе на миграции микрокомпонентов. Последние характеризуются наибольшими колебаниями в составе и содержании по сравнению с макрокомпонентами. В табл. 2 приведены результаты спектраль-

Таблица 2

Содержание некоторых элементов в известковых туфах Томь-Яйского междуречья в % (по данным спектральных анализов)

№ п. п.	Место отбора	Pb	Cu	Zn	Ni	Co	Zr	Mn	Cr	V
1	рч. Каменка	—	0,001	—	0,001	0,01	0,001	>1	—	—
2	рч. Каменка	—	0,001	—	0,001	0,03	—	>1	0,001	—
3	рч. Ушайка	—	0,01	—	—	0,003	—	>1	—	0,003
4	рч. Ушайка	—	0,03	—	0,003	—	0,003	0,01	0,01	0,003
5	рч. Щербак	0,001	0,001	—	0,003	—	0,003	0,3	0,003	0,01

ных анализов нескольких образцов известковых туфов Томь-Яйского междуречья, показывающие наличие сложного комплекса элементов в этих образованиях. Здесь встречены медь, никель, кобальт, марганец,

цирконий, хром, ванадий. Вполне очевидно, что этими элементами травертины обогатились из подземных вод. Осаждение таких элементов, как кобальт, никель, медь и ванадий, ведет к резкому уменьшению их содержания в природных водах, что несколько затрудняет оценку металлогении вод зон тектонических нарушений. Особенно обогащены туфы марганцем и кобальтом, миграция которых в гипергенной области, как известно, заканчивается выпадением асболонов и псиломелан-вадов. Эти образования весьма широко распространены в районе и создают некоторую разновидность известковых туфов (марганценовые туфы). Они обычно имеют черную окраску, более землисты и рыхлы. Другой разновидностью являются известково-железистые травертины, также отличающиеся рыхлостью. Эти две разновидности характеризуются наиболее сложным комплексом микрокомпонентов, так как в процессе гидролиза солей железа и марганца происходит захват ими многих элементов. Интересно отметить, что те элементы, которые отмечаются в известковых туфах, обнаруживают дефицит в природных водах (медь, ванадий, кобальт, никель), за исключением марганца. Такие элементы, как титан, цинк, сурьма, мышьяк, не обнаруженные в травертинах, встречаются в более высоких содержаниях в природных водах.

При оценке металлогении вод зон тектонических нарушений необходимо учитывать элементы, находящиеся в травертинах. Для этих целей из пробы травертинов того или иного источника берется навеска известкового туфа, соответствующая среднему содержанию CaCO_3 в водах (сумма определенных анализом иона Ca^{2+} и половины иона HCO_3^-). Затем из этой навески производится солянокислая вытяжка. Фильтрат разбавляется дистиллированной водой до одного литра, из которого отбирается водный концентрат по методике соосаждения ТПИ. Полученные содержания суммируются с содержаниями, определенными в воде источника в полевой период.

Выпадением микрокомпонентов с карбонатными травертинами отчасти объясняется различное содержание их в водах на глубинах 100—150 м (по скважинам) и в поверхностных условиях (травертиновые источники на этих же участках). Данные по одному из таких участков приведены в табл. 3. Как видно из таблицы, кроме изменения содер-

Таблица 3

Сравнительная таблица содержания тяжелых металлов в водах одного из участков зоны тектонического нарушения по источнику и скважине

Место отбора пробы	Содержание тяжелых металлов в водах в <i>мкг/л</i>											
	Pb	Cu	Zn	Ag	Ba	As	Ni	Cr	V	Ti	Zr	Mn
Восходящий источник	—	2,2	44	0,07	44	0,07	0,7	7,4	1,3	111	11	13
Скважина, глубина 135 м	1,4	14	140	0,1	—	—	1,4	4,2	4,2	8,4	—	—

жения микрокомпонентов, в источнике отмечается более сложный их комплекс. Это указывает на значительное обогащение вод за счет верхних горизонтов пород, для которых характерны такие элементы, как марганец, хром, ванадий и др. Весь сложный комплекс элементов, как правило, характеризуется повышенным содержанием на участках зон тектонических нарушений.

Таким образом, при прослеживании зон можно использовать в качестве поисковых критериев и элементы несурьфидной группы. Инте-

ресно отметить, что в травертинах и в водах зон тектонических нарушений наблюдается повышенное содержание циркония. Это можно объяснить, как указывает Штрок и Дрекслер [3], миграцией циркония в виде комплексного иона бикарбонат-циркония в условиях обогащения вод углекислотой. По-видимому, не только цирконий выносится в этой форме, а также и некоторые другие элементы.

Элементы сульфидной группы имеют огромное значение при прослеживании зон нарушений, о чем выше упоминалось. Наиболее характерными из них являются цинк, сурьма, серебро, мышьяк, кобальт и барий. Используя все указанные выше критерии, авторами выделены водные потоки рассеяния зон минерализации, многие из которых подтвердились наличием на значительных глубинах вкрапленной и прожилковой сульфидной минерализации. В настоящее время по результатам гидрогеохимических исследований в районе Томь-Яйского междуречья прослежены крупные тектонические зоны — Семилужинская, Урбейская, Щербакская и зоны субширотного направления, выполненные дайками диабазов.

В последнее время получены новые данные по прослеживанию мощной зоны разлома в районе к юго-востоку от дер. Турунтаево и Подломск, которая установлена работами Томской комплексной экспедиции. Эта зона, в отличие от других, характеризуется наличием в водах низкотемпературного комплекса элементов — цинка, сурьмы и ртути. В некоторых точках в водах встречен кадмий — спутник цинковых месторождений. Содержание в водах ртути достигает до 100 мкг/л.

Наличие ртути говорит в пользу молодых тектонических подвижек в районе, а также в пользу термометаморфического происхождения CO_2 в водах. Не является случайным тот факт, что выходы травертиновых источников приурочены к разломам, выполненным в большинстве случаев дайковыми телами раннемезозойского (?) возраста. Наличие на отдельных участках даек значительной трещиноватости, залеченной частично кальцитом, является свидетелем возможных тектонических подвижек и гидротермальной деятельности в более поздние этапы. Наиболее поздними отголосками этих процессов являются, по-видимому, отложения карбонатных травертинов водами зон тектонических нарушений. Обладая значительной водообильностью, повышенным содержанием гидрокарбонатов кальция, наличием некоторых специфических микрокомпонентов и возможно повышенной температурой на глубине, эти воды имеют большое значение при решении вопросов водоснабжения и могут быть использованы в бальнеологии. Необходимо отметить, что воды зон тектонических нарушений весьма слабо изучены в силу того, что все имеющиеся в районе скважины вскрывают только верхнюю часть зоны активной циркуляции (глубина скважин 100-200 м). По этой же причине до сих пор остаются слабо изученными вопросы стратиграфии, тектоники и полезных ископаемых района.

Между тем, как уже ранее отмечалось, изучение водных потоков рассеяния тяжелых металлов, приуроченных к зонам тектонических нарушений, показывает, что в районе имеются источники минерализации, которые располагаются, по-видимому, на значительных глубинах.

Решение этих вопросов невозможно без проходки скважин глубиной 300—500 м.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Г. Бетехтин. Гидротермальные растворы, их природа и процессы рудообразования. Основные проблемы в учении о магматогенных рудных месторождений. Изд. АН СССР, 1953.
2. С. А. Дуров. Синтез в гидрогеохимии. Ростовское книжное изд-во, 1961.

3. Х. Дегенхард. О геохимическом распределении циркония в литосфере. Сб. статей «Геохимия редких элементов», Изд-во ИЛ, 1959.
 4. Н. К. Игнатович. Зональность, формирование и деятельность подземных вод в связи с развитием геоструктуры. Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии, № 13, 1950.
 5. К. В. Иванов, М. И. Юдин. Отчет, Фонды НТГУ, 1956.
 6. А. М. Овчинников. Минеральные воды. Госгеолтехиздат, 1947.
 7. М. П. Орлова. Некоторые известковые и радиоактивные источники окрестностей Томска. Известия Томского гос. университета, т. 76, Томск, 1925.
 8. С. С. Смирнов. Зона окисления сульфидных месторождений. АН СССР, 1955.
 9. П. А. Удодов, В. М. Матусевич. Роль микрокомпонентов в формировании химического состава подземных вод. Труды 1-го межведомственного совещания по гидрогеохимическим поискам рудных месторождений, изд-во Томского гос. университета, 1962.
-

ЗАМЕЧЕННЫЕ ОПЕЧАТКИ

Страница	Строчка	Напечатано	Следует читать
54.	3, снизу	{101}	{\bar{1}01}
130	6, сверху	в значительных	в незначительных
142	16, сверху	юре 5.	юре [5].
153	27, сверху формула	$\Phi_z = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{(z-z)^2}{2\sigma^2}}$	$\Phi_z = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{(z-\bar{z})^2}{2\sigma^2}}$
155	25, сверху	$\sigma > 0$	$\sigma > \Delta$
155	27, сверху	$z + 3\sigma > z + 3\Delta$	$z + 3\sigma > \bar{z} + 3\Delta$
156	21, сверху	$z + 3\Delta$	$\bar{z} + 3\Delta$
		$z_1 = \sum_1^n \frac{zn}{n_1}$	$\bar{z}_1 = \frac{\sum_1^n zn}{n_1}$
159	19, снизу формулы	$\sigma_1 = \sqrt{\sum_1^n \frac{(z_n - z)^2}{n_1 - 1}}$	$\sigma_1 = \sqrt{\frac{\sum_1^n (z_n - \bar{z})^2}{n_1 - 1}}$