

**И.В. Куделина, П.В. Панкратьев, А.А. Донецкова**  
I.V.Kudelina, P.V.Pankratiev, A.A.Donetskova  
ГОУ Оренбургский государственный университет  
Orenburg State University

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА И  
ПОДЗЕМНЫХ ВОД ДЖУСИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ**  
ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL STATE OF SOIL AND GROUNDWATER  
DZHUSINSKOGO FIELD

**Аннотация.** Район Джусинского месторождения характеризуется пестротой почвенного покрова. Абсолютное содержание химических элементов в верхнем гумусовом горизонте почв превышает существующие нормы ПДК. Рудные тела Джусинского колчеданно-полиметаллического месторождения расположены ниже зеркала грунтовых вод и местного базиса эрозии. Хлоридно-сульфатные воды характеризуются высокоаномальными содержаниями свинца, мышьяка и других элементов. Сульфатно-хлоридные воды, площадь которых превышает в 15 раз размеры рудных тел имеют содержание экологически опасных элементов: меди – 0,50, цинка – 2,50, свинца - 0,025, мышьяка – 0,01 мг/л.

**Abstract.** District Dzhusinskogo deposit is characterized by variegated soil. Absolute contents of chemical elements in the top humus soil horizon exceeds the existing rules of the MAC. Orebodies Dzhusinskogo pyrite-polymetallic deposits are located below the water table and the local base level of erosion. Chloride-sulphate waters are characterized by vysokoanomalnymi of lead, arsenic and other elements. Sulfate-chloride water, the area of which exceeds 15 times the size of the ore bodies have a content of environmentally hazardous elements: copper - 0.50, zinc - 2.50, Pb - 0,025, Arsenic - 0.01 mg / liter.

Джусинское месторождение расположено в Джусинском рудном районе Джусинско-Мандыгулсайской рудоносной подзоны средне-верхнедевонского возраста. В тектоническом отношении оно приурочено к Теренсайской антиклинали – одной из структур Теренсайского антиклинория. Месторождение изучалось Н.И.Ереминым, В.Л.Черкасовым, И.А.Смирновой, И.П.Устиновым [1,2] и др. Закономерности формирования геохимических ореолов колчеданных месторождений Южного Урала отражены в работах Э.Н.Баранова [3]. В настоящее время месторождение эксплуатируется.

Характер почвенного покрова участка определяется положением его в зоне южных черноземов и наличием крупной водной артерии – р.Джусы, пересекающей участок с северо-востока на юго-запад. Пенепленезированный характер участка обусловил значительное меандрирование реки и наличие широкой гаммы аллювиальных отложений, свойственных равнинным рекам. К руслу реки с севера близко подступают контуры ортоэлювиальных ландшафтов с резко переменной мощностью аллювиального покрова. В совокупности это определило пестроту почвенного покрова. Последнее усугубляется значительной солонцеватостью и солончаковостью, имеющей сложный генезис. Преобладающая роль принадлежит черноземам южным, подчиненная – лугово-болотным разностям.

Почва – чернозем южный маломощный на коре выветривания. Судя по данным механализа, это тяжелосуглинистая почва с постоянным по профилю мехсоставом. Состав водной вытяжки меняется от сульфатно-кальциевого в верхнем горизонте до сульфатно-натриевого в нижнем. Содержание гумуса высокое. Величина рН в этом разрезе 6,6, в подстилающих породах реакция нейтральная. В этих почвах следует ожидать довольно стабильное распределение химических элементов по профилю. В верхнем горизонте за счет несколько повышенного содержания солей и органики возможно незначительное накопление химических элементов, обладающих достаточно высокой миграционной способностью, таких как медь и цинк. В верхнем горизонте кларки концентраций меди и цинка равны 3,05,

в нижнем - 2,0 и 1,8 соответственно. Распределение свинца, бария, кобальта и серебра по профилю этих почв довольно стабильно [4].

Изучение подвижной части химических элементов показало, что с солевыми новообразованиями связано до 5,8 % подвижной меди. Довольно значительное количество – до 9,5 % подвижного молибдена, до 4,5 % подвижной меди – связано со свободными гидроокислами железа. У менее подвижных элементов – свинца и бария – эти доли ограничиваются первыми процентами. У таких элементов, как стронций, доля подвижной части достигает десятков процента. Большая часть химических элементов прочно закреплена с тонко- и грубодисперсной фракциями почв. В связи с преобладанием среди глинистых минералов гидрослюда и каолинита, доля химических элементов, связанных с этим компонентом, ограничивается 30%. Группа инертных элементов, таких как барий (никель, хром), связана преимущественно с песчаной фракцией почв. Широкое распространение в верхних горизонтах местных почв никеля и хрома следует связать с обогащенностью этих горизонтов песчаной фракцией, обусловленной процессами ветровой эрозии.

Наибольшую площадь участка занимают неозлювиальные ландшафты аккумулятивных террас долин рек с преобладанием разнотравно-злаковой растительности и в меньшей степени – полыни. Здесь преобладают черноземы южные в комплексе с солонцами солончаковыми. Последние распространены повсеместно.

Почва – чернозем южный солонцеватый. В минералогическом составе этих почв преобладает кварц и глинистая масса. Снизу вверх по профилю почв наблюдается незначительный рост лимонита. Параллельно растет содержание марганцовистых минералов. Как и в других почвах региона, широко развит эпидот. Аналогичный состав имеют и пойменные песчано-глинистые отложения. Малоподвижные соединения FeO накапливаются в верхнем горизонте, более подвижные – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в нижнем горизонте. В нижних горизонтах разреза концентрируется CaO и MgO. Увеличиваются здесь и валовые содержания карбонатов и несколько ниже их гипса. Распределение гумуса по профилю нормальное, величина pH – стабильная. Слабая дифференциация микрокомпонентов по профилю должна обусловить стабильный характер распределения химических элементов. Некоторое накопление в средней и нижней частях разреза карбоната может привести к накоплению в этих горизонтах таких элементов, как цинк и молибден. В рассматриваемых почвах геохимическими барьерами могут служить незначительные по масштабам концентрации солевых новообразований, органических соединений, гидроокислов железа, глинистых минералов. Анализ распределения валовых содержаний химических элементов в профиле почв полностью подтвердил это предположение. Слабые концентрации меди наблюдаются в верхнем горизонте, цинка и молибдена – в нижнем. Изучение баланса подвижной части элементов показало, что с почвенными разрезами они практически не связаны. С солевыми новообразованиями связано до 4,7 % подвижного молибдена, с органикой связана незначительная доля подвижной меди – 0,4 % и подвижного молибдена – 3,1 %. Значительно большая часть элементов связана со свободными гидроокислами железа. С последним компонентом также прочно связан цинк и кобальт. Столь же высокая связь химических элементов с Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Большая часть химических элементов прочно закреплена в минеральных компонентах почв. С глинистыми минералами связано до 30% меди [4].

Следующим по распространенности типом ландшафтов является супераквальный. Последний охватывает поймы, лога понижения и т.д. Растительность осоково-разнотравная. Почвы луговые, болотные, овражные и т.д.

Почва лугово-черноземная, остепненная. Террасовые отложения определили облегченный мехсостав этих почв. Содержание физической глины в нижнем горизонте снижается до 36,9, то есть почвы относятся к среднесуглинистым. Количество солей по профилю невелико – карбонатов 1 %, гипс, в количестве 0,13 %, концентрируется ниже. Состав водной вытяжки меняется от сульфатно-магниевого в верхнем горизонте до гидрокарбонатно-магниевого в нижнем. Изложенное позволяет ожидать сивелированный характер распределения химических элементов в профиле этих почв. Незначительная

концентрация меди и свинца намечается в нижнем горизонте, кобальта и молибдена в среднем. В условиях рассматриваемого ландшафта следует ожидать развитие наложенных, солевых и механических оторванных ореолов.

Сопоставление средних содержаний элементов в покровных суглинках и почвах участка показывает, что в последних накапливается медь, свинец, кобальт. Менее активные мигранты – свинец, барий – не накапливаются. Аналогично ведут себя элементы сидерофильной группы – хром, никель, ванадий. Особняком стоит кальций – типоморфный элемент желто-бурых покровных суглинков. Его содержание в почвенном покрове снижается в три раза. Вместе с ним снижается в почвах содержание стронция. Желто-бурые суглинки служат субстратом для почвообразовательных процессов. И поэтому они различаются существенно по кальцию, привнесенному в суглинки позднее [5].

Приведенные выше данные о балансе химических элементов в почвенном покрове участка в различной ландшафтной обстановке, свидетельствует о малой доле (в среднем до 10 %) элементов, находящихся в подвижной форме. Большая часть прочно закреплена. Основными носителями этой части элементов являются глинистые минералы до 36,8%, тяжелые минералы до 25%, порообразующие минералы и сложносвязанные образования, органические соединения и пр. на долю которых приходится остальные 30 % валового количества элементов.

Таким образом, абсолютное содержание химических элементов в верхнем гумусовом горизонте вышерассмотренных почв составляет: Cu – 20 ( $K_k - 5,1$ ), Zn – 20 ( $K_k - 4,0$ ), Pb – 3 ( $K_k - 1,5$ ), Ba – 50 ( $K_k - 1,3$ ), Co – 2 ( $K_k - 1,5$ ), Mo – 0,3 ( $K_k - 2$ )·10<sup>-3</sup>, что превышает существующие нормы ПДК.

Водовмещающая толща Джусинского месторождения имеет два этажа: нижний – породы палеозоя и верхний – отложения четвертичные.

Породам палеозоя свойственны трещинно-пластовые воды.

Глубина залегания зеркала подземных вод колеблется в пределах 2 – 30 м. Местная область питания – водораздельная часть – расположена к северо-западу от участка. Основное поступление вод идет за счет инфильтрации атмосферных осадков (40% от 300 мм в год). Направление движения вод согласно простиранию пород, т.е. юго-восточное. Средний уклон 0,002. Верхние горизонты вод пород палеозоя частично дренируются вдоль долины р. Джусы, частично переливаются в вышележащие рыхлые образования. С последними они гидравлически связаны и взаимно пополняют друг друга.

Несмотря на различия в гидрогеологической обстановке среди образований палеозоя и мезокайнозоя, незначительная мощность последних и тесная гидравлическая связь обуславливают единство химсостава вод. Основным классом вод как региона так и участка является хлоридный. Из катионов преобладает натрий.

Река Джуса имеет гидрокарбонатно-хлоридный состав вод. Под воздействием этих вод контур хлоридных вод на участке оттеснен. Однако гидрокарбонатно-хлоридный состав подземные воды приобретают только на юге. На востоке и северо-востоке участка под давлением потока хлоридно-сульфатных вод, идущего с севера и северо-запада, воды приобретают хлоридно-гидрокарбонатный состав. С юго-востока на северо-запад участок пересекается тектонической зоной, с которой связаны трещинно-жильные воды. К этой зоне в местах ее осложнения субширотными зонами приурочены рудные тела. Порода на всем протяжении минерализованы. Приповерхностные трещинно-жильные воды, тяготеющие к тектонически ослабленной зоне в местах повышенной минерализации и широкого доступа агентов окисления, приобретают сульфатный облик.

Зона окисления на месторождении слабо развита, верхняя кромка рудных тел находится ниже зеркала грунтовых вод и местного базиса эрозии. Поэтому степень сульфатного метаморфизма вод резко ограничена. Это проявляется в резком различии состава макро- и микрокомпонентов, а также величин pH и M в водах месторождения.

Наиболее низкие содержания макро- и микрокомпонентов Джусинского месторождения свойственны пластово-поровым водам в восточной и юго-восточной частях

участка, формирующимся под воздействием вод аллювиальных отложений. Содержание меди, цинка и молибдена гидрокарбонатно-хлоридных водах не превышает низкоаномальных значений. Свинец и мышьяк не установлены. Под воздействием, примыкающих к рудоносным зонам, преимущественно трещинно-пластовых и частично пластово-поровых вод в водах аллювиальных отложений возрастает содержание макро- и микрокомпонентов. Содержание сульфат-иона, закисного и окисного железа, величины минерализации увеличиваются по сравнению с гидрокарбонатно-хлоридными водами в два раза. Содержание меди и молибдена становится близким к аномальному, а содержание цинка, свинца и мышьяка даже превышает его. Однако это единичные точки и цельного ореола не вырисовывается.

Хлоридно-сульфатные воды охватывают большую площадь участка приближения к поверхности коренных пород, в том числе и минерализованных зон, пересекающих участок с северо-запада на юго-восток, что сказалось на вытянутости контура этих вод. Повышенное содержание макро- и микрокомпонентов, свойственно как трещинно-пластовым водам пород палеозоя и развитой над ними коры, так и пластово-поровым водам четвертичных рыхлых отложений, гидравлически с ними связанным. Большинство рудных тел омываются этими водами. Это обуславливает повышенное (в 10 раз) содержание в них таких компонентов, как сульфат-иона, железа и других, по сравнению с гидрокарбонат-хлоридными на прилегающих участках. Содержание меди и цинка по сравнению с фоном возрастает в 25 раз, свинца - в 8 раз, молибдена – 7 раз и т.д. Наиболее высокие содержания рудных элементов свойственны водам обеих этажей водовмещающих пород. Они приурочены к рудным телам и создают относительно четкие ореолы изометрической формы.

Ореол меди по изоконцентрации 0,03 мг/л оконтуривает основные рудные тела месторождения I-III. Непосредственно к рудным телам приурочены ореолы со значением 0,3 мг/л. Серноколчеданное рудное тело IV оконтуривается только изоконцентрацией 0,03 мг/л [6]. Ограниченные по площади ореолы меди прослеживают рудоносную зону на север и юг. Площади ореолов меди составляют 63740 м<sup>2</sup>.

Ореолы цинка повторяют конфигурацию ореолов меди, но на уровне изоконцентрации 0,3 мг/л и 1,0 мг/л соответственно. Отдельные мелкие рудные тела X, XI, XII, так же как и медью, ореолами цинка не прослеживаются. Площадь ореолов цинка 44000 м<sup>2</sup>.

Ореолы закисного железа по изоконцентрации 0,1 мг/л оконтуривает всю рудоносную зону. Рудные тела I-III отбиваются изоконцентрацией 1,0 мг/л [6].

Ореолы вод с повышенной минерализацией М-3000 мг/л кольцеобразно оконтуривает основные рудные тела месторождения. Подробную морфологию ореола следует объяснять метаморфизмом подземных вод, химический облик которых определяется наличием рудных тел и за счет хлоридных вод, движущихся с северо-запада.

Ореолы равных значений рН в водах охватывают рудные тела. Более четко последние прослеживаются по изоляции рН – 6,0.

Слабое развитие зоны окисления на рассматриваемом месторождении определило ограниченное развитие сульфатных вод. Последние прослеживаются ограниченными контурами вдоль зон нарушений. В этих водах, как и в вышерассмотренных, установлено повышенное содержание макро- и микрокомпонентов. Ограниченное количество проб не дает возможности получить должное представление о химическом облике этих вод.

Ореолы меди, цинка и других компонентов в водах участка охватывают контуры сульфатно-хлоридных вод и находятся внутри контуров хлоридно-сульфатных вод. В плане они вытянуты с северо-запада на юго-восток вдоль минерализованных зон. Они превышают по размерам контуры рудных тел в 10-15 раз. Содержание экологически опасных элементов в этих водах максимальное и достигает: меди – 0,50, цинка – 2,50, свинца - 0,025, мышьяка – 0,01 мг/л. Проследить полностью контуры ореолов мешает разубоживающее действие вод аллювиальных отложений р. Джусы, отсекающих южные окончания ореолов. На левобережье реки прослеживаются лишь ослабленные «хвосты» ореолов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Медноколчеданные месторождения Урала: Геологическое строение // В.А.Прокин, Ф.П.Буслаев, М.И.Исмагилов и др. Свердловск: УрОАН СССР, 1988, 241с.
2. Медноколчеданные месторождения Урала: Геологические условия размещения // В.А.Прокин, В.М.Нечеухин, П.Ф.Сопко и др. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1985,288с.
3. Баранов Э.Н. Эндогенные геохимические ореолы колчеданных месторождений. – М.: Наука, 1987. -295с.
- 4.Черняхов В.Б., Куделина И.В.Экологически опасные элементы в почвенном покрове Джусинского месторождения // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Многопрофильный университет как региональный центр образования и науки». ИПК ГОУ ОГУ ISBN 978-5-7410-0941-3, 2009г.
- 5.Черняхов В.Б. Минералого-геохимическая характеристика почвенного покрова Джусинского колчеданно-полиметаллического месторождения // Всероссийская научно-практическая конференция «Интеграция науки и образования как условие повышения качества специалистов». ГОГ ОГУ, 2008г, изд.ОГПУ т.2 с.92-99.
6. Черняхов В.Б., Куделина И.В. Экологически опасные элементы в подземных водах Джусинского месторождения // Межвузовская всероссийская конференция, посвященная 75-летию кафедры динамической геологии и гидрогеологии Пермского госуниверситета и 105-летию со дня рождения ее основателя профессора Максимовича Г.А.,г.Пермь, 2009 г.