

УДК 550.884:552.87

**Власов П. А.,
Шалованов О. Л.**
(РАНИМИ, Донецк, ДНР)

ФАКТОРЫ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЦИНКА И ВАНАДИЯ В УГОЛЬНОМ ПЛАСТЕ C_{10}^B БЛОКА № 1 ШАХТЫ ИМ. ГЕРОЕВ КОСМОСА

Исследованы геохимические распределения цинка и ванадия в угольном пласте c_{10}^B блока № 1 шахты им. Героев Космоса. По данным спектрального анализа угольного керна были построены геохимические карты, по которым установлен тектонический фактор накопления рассматриваемых элементов.

Ключевые слова: геохимия, цинк, ванадий, шахтное поле, спектральный анализ.

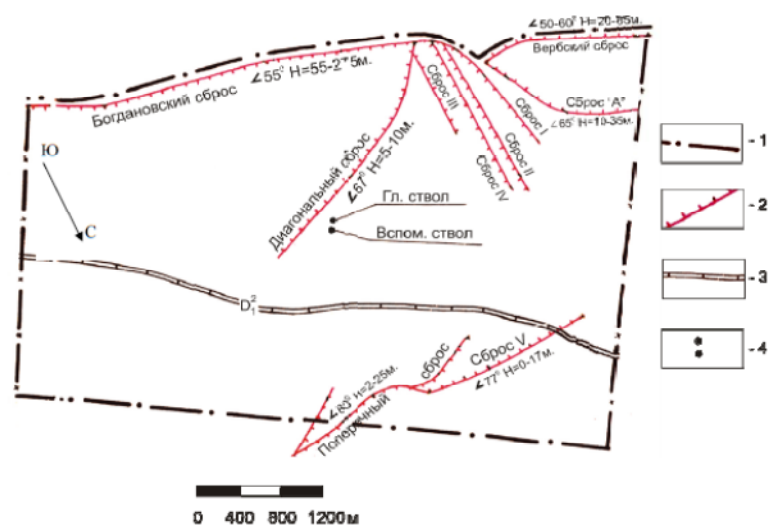
Шахта имени Героев Космоса, входящая в ОАО «Павлоградуголь», расположена в Павлоградско-Петропавловском угленосном районе Донбасса [1]. В геологическом строении поля шахты им. Героев Космоса (блок № 1) принимают участие осадочные образования палеозойского, мезозойского и кайнозойского возраста. Мезозойские отложения распространены лишь на севере блока шахты. Отложения представлены преимущественно песчаниками серыми, среднезернистыми с включениями кремневой гальки, местами с конгломератоподобными прослойками. Мощность колеблется от 0 до 21 м. Палеозойские отложения представлены свитами нижнего карбона. Простираение пород на площади блока северо-западное, падение — северо-восточное под углом 2–5°. Промышленная угленосность приурочена к отложениям самарской свиты, заключенной между известняками C_5 и C_1 . Средняя мощность толщи между ними составляет 380 м, а между угольными пластами c_{11} и c_1 — 290 м. Для свиты C_1^3 характерны мелкая цикличность и высокая угленасыщенность. Свита составлена комплексом осадочных пород от песчаников до аргиллитов, и содержит до 50 угольных пластов и пропластков, из которых промышленное значение имеют 8 угольных пластов: c_{11} , c_{10}^B , c_9 , c_8^B , c_8^H , c_7^H , c_5 и c_1 . Пласты c_{12} , c_7^B , c_4^2 , c_4^1 , c_4^B , c_2 имеют подчиненное значение.

Суммарная мощность пластов в среднем составляет 6,21 м, коэффициент промышленной угленосности — 2,6 %. Рабочая мощность угольных пластов колеблется от 0,6 до 1,5 м при преобладающих значениях 0,8–0,9 м. Глубина залегания пластов — от 105 до 760 м. Мощность продуктивной толщи от угольного пласта c_1 к c_{11} равняется 190 м. Строение пластов преимущественно простое. Сложное строение характерно для пластов c_{11} и c_8^B , в меньшей мере — для пластов c_{10}^B и c_1 . Поле шахты контролируется тектоническими нарушениями сбросового типа (рис. 1).

Наиболее крупным тектоническим нарушением является Богдановский сброс. В пределах блока он имеет субширотное простираение с направлением по азимуту 300°, падение плоскости сместителя — северное под углом 55°. Амплитуда смещения пород изменяется от 55 до 275 м. В юго-западной части блока к нему примыкают сбросы I–IV и Диагональный сброс с амплитудой смещения 5–10 м. К западу от них прослеживается Вербский сброс. Он имеет западное простираение, южное падение сместителя и амплитуду 20–85 м. К нему примыкает сброс «А» с амплитудой 10–25 м и таким же направлением падения сместителя. В северной и северо-западной части развит Поперечный сброс с северным падением плоскости сместителя и амплитудой 25 м. К нему примыкает сброс V, который имеет южное падение плоскости

смещителя. В настоящее время разрабатываются только пласты c_{11} и c_{10}^B . Готовится к вскрытию пласт c_9 . В качестве объекта исследования авторами выбран угольный пласт c_{10}^B , так как по нему были проведены комплексные скважинные геохимические исследования и собран представительный материал. Угольный пласт c_{10}^B на участке исследований представлен одной угольной

пачкой мощностью 0,6–1,3 м. На отдельных участках аргиллит мощностью 0,0–0,2 м расклинивает угольный пласт, гипсометрия пласта волнистая, изменение угла падения от 2° до 5°. В непосредственной кровле пласта залегает аргиллит мощностью 4,25–5,35 м. В почве пласта залегает аргиллит мощностью 0,4–1,3 м, ниже — алевролит мощностью до 4,75 м.



1 – граница шахтного поля; 2 – тектонические нарушения;
3 – маркирующий горизонт известняка D_1^2 ; 4 – шахтные стволы.

Рисунок 1 Тектоническая схема шахты им. Героев Космоса (Блок № 1)

Угольный пласт c_{10}^B вскрыт большой сетью разведочных скважин (около 250–300), в 112 скважинах был проведен спектральный полуколичественный анализ угольного керна. Скважины были пробурены в разное время, и информация по ним постепенно обновлялась. Угольный пласт перебурировался газокернонаборником КА-61 с последующим спектральным анализом керна в лаборатории. При обработке полученных результатов спектрального анализа для дальнейшего исследования были выбраны 2 элемента: ванадий и цинк, содержание которых превышает их предельно допустимые концентрации (ПДК) в грунтах, а также необходимо учесть, что эти элементы являются токсичными и представляют экологическую опасность для окружающей среды (первый класс опасности). Данные,

полученные при обработке, представлены в таблице.

Таблица

Содержание ванадия, цинка, в пределах угольного пласта c_{10}^B блока № 1 шахты им. Героев Космоса

Элемент	Содержание от-до, г/т	ПДК г/т	Число проб
Ванадий	70–150	100	112
Цинк	30–140	100	112

Аномалии исследуемых элементов (V, Zn) очень тесно связаны с шахтной тектоникой. Тектонический фактор распределения изученных элементов является преобладающим в исследованном горном массиве. Объясняется это тем, что V и Zn — элементы сульфидного ряда. В рассеянном состоянии они встречаются в пирите,

халькопирите, киновари, арсенопирите, галените. К тому же Zn вместе со своим спутником Cd образует собственные минералы-сульфиды — сфалерит и вюрцит. Сульфиды, в свою очередь, имеют свойство накапливаться в зонах дробления и вдоль сместителей тектонических нарушений. Давно установлена закономерность [2, 3]: если в углях присутствует в любом количестве сера, тогда с ней обязательно будет хотя бы часть ее спутников — Zn, Pb, Cd, As, Se, Te, Hg и Sb.

Ванадий.

Ванадий является одним из первых химических элементов, накопление которых было обнаружено в связи с биогенными органическими веществами. Геохимия ванадия в зоне гипергенеза отличается разнообразием в связи с его способностью пребывать в разных степенях окисления и вследствие этого проявлять неодинаковую миграционную способность и поглощаться на разных геохимических барьерах [2, 4]. Ванадий относится к элементам первого (самого опасного) класса токсичности; токсичность его связана с действием на органы дыхания и нервную систему человека. Согласно санитарным нормам и советскому ГОСТу 1976 г. [2], установлены ПДК аэрозоля ванадия и его соединений в воздухе рабочей зоны ($1-2 \text{ мг/м}^3$), соответствующие первому и второму классам опасности, а также содержания ванадия и его оксида в почвах (150 г/т) и в воде ($0,1 \text{ мг/л}$). При промышленном использовании углей ванадий проявляет себя как технологически вредная и токсичная примесь. Летучесть восстановленных форм ванадия и его токсичность делают актуальным экологический аспект сжигания ванадиеносных углей. Для геохимии V ключевое значение имеет его поливалентность; подобно тому, как железо в состоянии Fe (II) и Fe (III) — это как бы два разных химических элемента, так и ванадий в трёх наиболее распространённых состояниях окисления — V (II), V (IV) и V (V) — это как бы три разных элемента [3].

Накопления ванадия в углях в основном сингенетические. В соответствии с идеей В. А. Зильберминца [5] принято считать, что каменные угли коксовых марок с повышенными содержаниями V обогатились им при торфонакоплении вследствие поступления в палеоторфяники продуктов эрозии ванадиеносных пород основного состава. Вследствие действия мощного фактора изолированного залегания угольного вещества содержания V в угольных включениях оказываются несопоставимы с таковыми в угольных пластах. Эта разница может быть связана с разной сорбционной способностью разлагающейся древесины в торфянике и в осадках почвы и кровли. Минимальная опасная концентрация V в товарном угле («порог токсичности») составляет, согласно российскому нормативу 1996 г., 100 г/т [6]. «Порог токсичности» V равен его ПДК. На рисунке 2 показано распределение ванадия в пределах угольного пласта c_{10}^B . Основные геохимические аномалии (в пределах от 100 до 150 г/т) сконцентрированы в южной и юго-западных частях пласта, в зонах влияния Богдановского, Диагонального сбросов, а также сброса «А» и Вербского сброса. Небольшие аномалии ($100-120 \text{ г/т}$) расположены в северной части пласта и приурочены к Поперечному сбросу и сбросу V (см. рис. 1 и 2). Из 112 точек опробования по скважинам аномалии ванадия были выявлены в 48 % от общего числа точек.

Цинк.

Техногенный выброс Zn в атмосферу, в отличие от ряда других элементов, намного (в 23 раза) превосходит природный. Цинк либо изоморфно входит в пирит, либо образует сфалерит — в макро- или микроминеральном виде. Поскольку изоморфная ёмкость пирита к цинку ограничена (изоморфизм $\text{Fe}^{2+} \rightleftharpoons \text{Zn}^{2+}$ не может быть значительным), получается, что, если содержания Zn в пиритах составляют сотни граммов на тонну и более, то здесь образуются включения микроминеральной сфалеритовой фазы. Распределение Zn в

пределах угольного пласта конкретного месторождения сильнее всего зависит от зольности и сернистости угля; иногда удается заметить зависимость от петрографического состава угля и положения пробы в разрезе угольного пласта [2]. На рисунке 3 показано распределение цинка в пределах угольного пласта c_{10}^B . Основные геохимические аномалии в пределах от 100 до 140 г/т расположены в северной и южной частях пласта, в зонах влияния Богдановского и Диагонального сбросов, сброса «А», Поперечного сброса и сброса V (см. рис. 1 и 3). Аномалии цинка составляют 45 % от общего числа точек.

Вид зависимости «зольность – содержание Zn в угле» определяется балансом виртуальных (генетических) фракций цинка. Если доминирует цинк кластогенной золы, то зависимость в угле близка к линейной, а если существенен вклад аутигенной сорбционной фракции (имеющей модалные формы $Zn_{орг}$ и $Zn_{сульф}$), то линейная зависимость ослабевает, осложняясь сорбционным оптимумом, а для золы проявляется негативная корреляция «зольность — содержание Zn в золе» [2, 3].

Сульфофильные свойства цинка обуславливают концентрацию его в сульфидах (в основном в пирите). Вследствие существенной доли в цинконосных углях сульфидной формы цинка, обогащение углей могло бы служить средством снижения экологической опасности. Однако если в углях доминирует микроминеральная сульфидная форма, обогащение окажется неэффективным. Наличие цинконосных углей, сильная летучесть цинка и его токсичность делают экологическую проблематику весьма актуальной. Известно, что Zn может отравлять катализаторы при конверсии углей в жидкое топливо. Он принадлежит к числу токсичных тяжёлых металлов. Российские санитарные нормы [2] устанавливают следующие содержания цинка: для воздуха населённых мест (ZnO , в пересчёте на Zn) среднесуточная концентрация составляет $0,05 \text{ мг/м}^3$; для воздуха рабочей зоны (ZnO , аэрозоль) — $0,5 \text{ мг/м}^3$, а для питьевой воды и воды культурно-бытового назначения (Zn) — $1,0 \text{ мг/л}$. Минимальная опасная концентрация Zn («порог токсичности») в товарном угле составляет, согласно российскому нормативу 1996 г., 100 г/т [6].

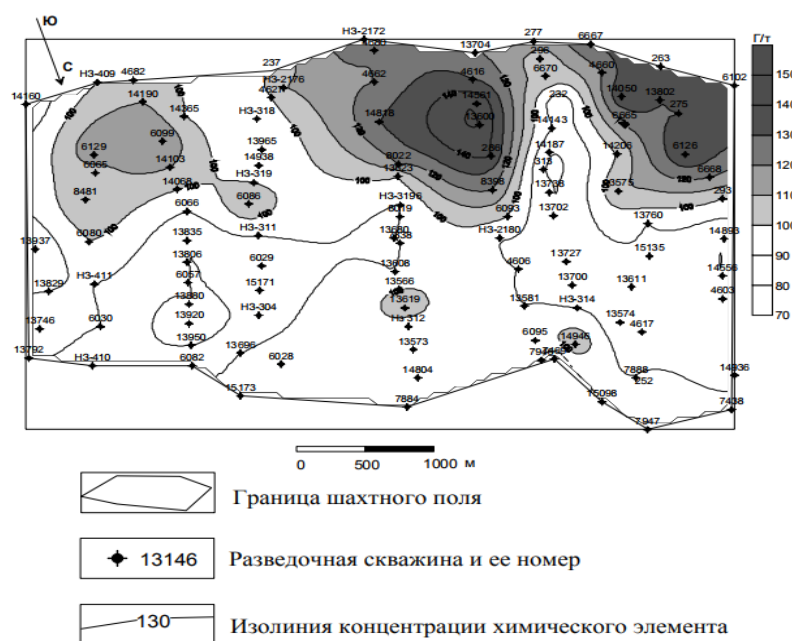


Рисунок 2 Схематическая карта распределения ванадия в угольном пласте c_{10}^B блока № 1 шахты им. Героев Космоса

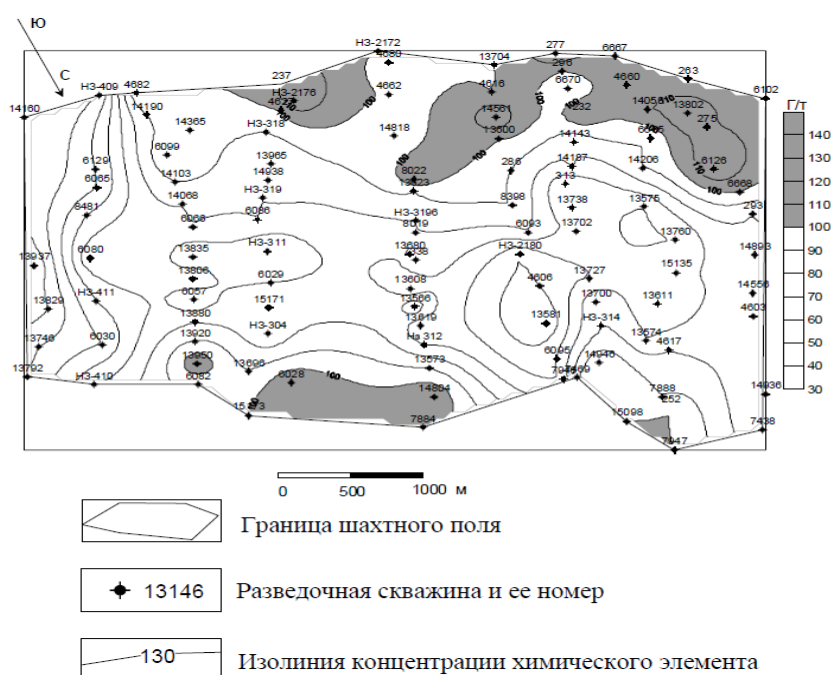


Рисунок 3 Схематическая карта распределения цинка в угольном пласте c_{10}^B блока № 1 шахты им. Героев Космоса

Выводы.

В угольном пласте c_{10}^B блока № 1 шахты им. Героев Космоса был установлен тектонический фактор распределения ванадия и цинка, так как аномалии перечисленных элементов расположены вдоль сместителей тектонических нарушений шахты.

Все исследуемые элементы имеют сульфидную природу в связи с тем, что

они являются спутниками серы, образуя собственные минералы-сульфиды (цинк) или изоморфно входят в состав сульфидов (ванадий). Зная, в какой форме находится элемент и каковы условия его накопления, можно выбрать оптимальную схему обогащения углей. Это важно для вредных и токсичных элементов, к которым относятся ванадий и цинк.

Библиографический список

1. Лишин, В. П. Геологический отчёт о доразведке блоков № 1 и 2 шахты им. Героев Космоса, выполненный в 1993–1999 гг. (Западный Донбасс) [Текст] / Н. М. Козорог, В. П. Лишин // Павлоградская ГРЭ, ПГО «Донбассгеология». — Артёмовск, 1999. — 430 с.
2. Юдович, Я. Э. Токсичные элементы-примеси в ископаемых углях [Текст] / Я. Э. Юдович, М. П. Кетрис. — Екатеринбург : УрО РАН, 2005. — 654 с.
3. Юдович, Я. Э. Элементы-примеси в ископаемых углях [Текст] / Я. Э. Юдович, М. П. Кетрис, А. В. Мерц. — Л. : Наука, 1985. — 239 с.
4. Волкова, Т. П. Распределение сульфидных элементов в углях и отходах углеобогащения Донецко-Макеевского угленосного района [Текст] / Т. П. Волкова, П. А. Власов, О. Л. Шалованов, А. Л. Костюченко // Наукові праці УкрНДМІ НАН України; під заг. ред. А. В. Анциферова. — Донецьк : УкрНДМІ НАН України, 2009. — Випуск 5 (частина II). — 393 с.
5. Eskenbazy, G. Adsorption of titanium on peat and coals. — Fuel, [Text] / G. Eskenbazy. — 1972. — vol. 51, N 3. — pp. 221–223.

6. Жаров, Ю. Н. Ценные и токсичные элементы в товарных углях России : справочник [Текст] / Ю. Н. Жаров, Е. С. Мейтов, И. Г. Шарова и др. — М. : Недра, 1996. — 239 с.

© Власов П. А.

© Шалованов О. Л.

Рекомендована к печати канд. геол.-минерал. наук, с.н.с. ОЭГИ РАНМИ Савченко А. В., к.т.н., проф. каф. МЧМ ДонГТУ Куберским С. В., к.т.н., доц. каф. РМПИ ДонГТУ Леоновым А. А.

Статья поступила в редакцию 27.09.17.

Власов П. О. (РАНДМІ, Донецьк, ДНР, pasha_shakhtyor@mail.ru), **Шалованов О. Л.** (РАНДМІ, Донецьк, ДНР, shalovanovoleg@yandex.ru)

ФАКТОРИ РОЗПОДІЛУ ЦИНКУ І ВАНАДІЮ У ВУГІЛЬНОМУ ПЛАСТІ C₁₀^B БЛОКУ № 1 ШАХТИ ІМ. ГЕРОЇВ КОСМОСУ

Досліджено геохімічні розподіли цинку і ванадію у вугільному пласті c₁₀^B блоку № 1 шахти ім. Героїв Космосу. За даними спектрального аналізу вугільного керна було побудовано геохімічні карти, за якими встановлено тектонічний фактор накопичення розглянутих елементів.

Ключові слова: геохімія, цинк, ванадій, шахтне поле, спектральний аналіз.

Vlasov P. A. (RANIMI, Donetsk, DPR, pasha_shakhtyor@mail.ru), **Shalovanov O. L.** (RANIMI, Donetsk, DPR, shalovanovoleg@yandex.ru)

FACTORS OF ZINC AND VANADIUM IN DISTRIBUTION A COAL LAYER C₁₀^B OF THE BLOCK № 1 OF GEROIEV KOSMOSA MINE

There have been studied the geochemical distributions of zinc and vanadium in a coal layer c₁₀^B of the block № 1 of Geroyev Kosmosa mine. According to spectral analysis of a coal core the geochemical maps were designed where geotectonical accumulation factor for the studied elements was found out.

Key words: geochemistry, zinc, vanadium, mine field, spectral analysis.