

3. Изменяются и фациальные условия накопления осадков. В палеогеновую эпоху на площади месторождения распространены морские фации, в неогеновую – континентальные. Набор этих фаций также закономерно изменяется: от типичных аллювиальных в бучакское время и озерно-болотных в полтавское время до засоленных (лагунных) в берекское время в плиоцене.

4. Климат меняется от влажного субтропического в среднем палеогене до континентального засушливого в плиоцене.

5. Угленакопление происходило в благоприятных структурно-тектонических и климатических условиях. Угли Основного и Сложного пластов – автохтонные. В почве их встречаются следы корней растений (“кучерявчики”), очень часто встречаются крупные обломки растительного вещества в вертикальном или близком к вертикальному положению, незначительная минеральная примесь в угольной массе, выдержанная мощность угольных пластов и т.д. В пластах IV₁, IV₃, IV₄, V₁ и V₂ проявляются признаки аллохтонности: частое переслаивание угля с прослоями породы, обилие минеральных примесей (высокая зольность, непостоянная мощность, появление спор с бурой окраской и плохой сохраненностью и т.д.).

Список литературы

1. Отчет о детальной разведке Ново-Дмитровского месторождения бурых углей. [текст]: Отчет. В.А. Ласьков и др. фонды 95 – г. Артемовск, 1972.-453 с.

*Рекомендовано до публікації д.г-м.н. Ю.М. Нагорным
Надійшла до редакції 31.10.2012*

УДК 550.428:553.93

© В.В. Ишков

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СВИНЦА, ХРОМА И НИКЕЛЯ В УГЛЯХ ОСНОВНЫХ РАБОЧИХ ПЛАСТОВ ДОНЕЦКО-МАКЕЕВСКОГО ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА ДОНБАССА

В статье рассмотрены особенности распределения Pb, Cr и Ni в угольных пластах Донецко-Макеевского геолого-промышленного района.

У статті розглянуто особливості розподілу Pb, Cr та Ni у вугільних пластах Донецько-Макіївського геолого-промислового району.

The peculiarities of Pb, Cr and Ni distribution in the coal strata of Donecko-Makeevskogo geological and industrial district have been considered in the article.

Вступление. С целью объективной оценки воздействия угледобывающей промышленности и предприятий теплоэнергетики на экологическую ситуацию и планирование наиболее эффективных мероприятий, направленных на ее улучшение, необходимо располагать сведениями о характере распределения и

уровне концентрации токсичных элементов, в том числе свинца, хрома и никеля, в углях и вмещающих породах извлекаемых в процессе добычи. Для получения такой информации в Национальном горном университете были выполнены детальные исследования, охватившие всю территорию одного из наиболее изученных районов Донбасса – Донецко-Макеевского геолого-промышленного района.

Последние достижения. Автором совместно с А.И. Чернобук, Д.Я. Михальчонок, В.В. Дворецким, А.Б. Москаленко [1, 2, 3] исследованы особенности распределения ванадия и хрома в продуктах и отходах обогащения ряда углеобогащительных фабрик Донбасса, а также совместно с А.Л. Лозовым [4] рассмотрены особенности распределения основных токсичных и потенциально токсичных элементов в угле пластов Павлоград-Петропавловского района. В тоже время, особенности накопления свинца, хрома и никеля в угольных пластах Донецко-Макеевского района до настоящего времени совместно не рассматривались.

Формулирование целей. В данной работе основными задачами изучения геохимии токсичных элементов в основных рабочих угольных пластах являлись: ревизия выполненных ранее исследований концентраций свинца, хрома и никеля; формирование представительных выборок их содержаний по отдельным угольным пластам и по району в целом; установление средних концентраций этих элементов в угле пластов, свит и района в целом; анализ распределения их содержаний в целом по району; выявление связи и расчет уравнений регрессий между концентрациями данных элементов и другими основными токсичными и потенциально токсичными элементами, петрографическим составом углей и их основными технологическими параметрами.

Изложение результатов. Собранный материал характеризует содержание V, Cr и Ni в углях 64 пластов относящихся к свитам C_2^2 (пласт g_2^B), C_2^3 (пласты $h_1, h_2, h_2^1, h_3, h_4, h_5, h_6, h_6^1, h_8, h_{10}^H, h_{10}, h_{10}^B, h_{10}^1$), C_2^4 (пласты i_1^5, i_2^1), C_2^5 (пласты $k_1, k_2, k_2^2, k_3^H, k_3^{B+H}, k_3^B, k_3^1, k_4^{2H}, k_4^2, k_4^{2B}, k_5, k_5^1, k_6^H, k_6, k_7, k_7^1, k_8^H, k_8$), C_2^6 (пласты $l_1^H, l_1, l_1^B, l_1^1, l_2, l_2^1, l_3, l_3^1, l_4, l_6, l_6^1, l_7, l_7^1, l_8, l_8^1$), C_2^7 (пласты $m_1, m_1^1, m_2, m_2^1, m_3, m_4^1, m_4^4, m_5, m_5^1, m_7$ и m_9) и C_3^1 (пласты n_1^H, n_1, n_1^B) среднего и верхнего отделов каменноугольного периода. Для получения наиболее объективных и сопоставимых данных в работе использовались в основном результаты полуколичественных и количественных анализов углей керновых проб полей шахт, а также резервных и разведочных площадей и участков района выполненных после 1983г. в центральных сертифицированных лабораториях геологоразведочных организаций, в ряде случаев они дополнялись анализами пластово – дифференцированных проб отобранных лично автором или совместно с сотрудниками геологических служб производственных геологоразведочных и добывающих организаций.

Наиболее представительные [5] результаты были получены по 52 пластам: $g_2^B, h_2, h_2^1, h_3, h_4, h_5, h_6, h_6^1, h_8, h_{10}^H, h_{10}, h_{10}^B, h_{10}^1, i_1^5, i_2^1, k_1, k_2, k_2^2, k_3^H, k_3^{B+H}, k_3^B, k_3^1, k_4^{2H}, k_4^2, k_4^{2B}, k_5, k_5^1, k_6^H, k_6, k_7, k_8^H, k_8, l_1^H, l_1, l_1^B, l_1^1, l_2^1, l_3, l_4, l_6, l_7^1, l_8^1, m_2, m_3, m_5, m_5^1, m_7, m_9, n_1^H, n_1$ и n_1^B , залегающих в пределах полей шахт «Калиновская Восточная», им. Засядько, «10-бис», «Бутовская», им. Калинина, «Бутовка

– Донецкая», «Наклонная», «№ 2», «№ 12-18», им. Орджоникидзе, им. Поченкова, им. Скочинского, «Панфиловская», им. Горького, им. Абакумова, им. Ленина, им. Бажанова, им. Батова, им. Кирова, «60 лет Советской Украины», «Чайкино», «11-бис», «13-бис», «№21», «Ясиновская Глубокая», «Пролетарская Крутая», «Советская», «Глубокая», «Грузская Наклонная», «Заперевальная», «Ясиновская Глубокая», «Мушкетовская», «№9 Капитальная», «№6 Красная Звезда», «Октябрьский Рудник», «Лидиевка», им. Челюскинцев, «Кубышевская», «Моспинская», «Октябрьская», «Трудовская», а также резервных и разведочных площадей и участков «Бутовская Глубокая №2», «Кировская Глубокая», «Орджоникидзевская Глубокая №2-4», «Орджоникидзевская Глубокая №3-5», «Авдеевский», «Абакумовская Глубокая», «Трудовская Глубокая», «Георгиевская Глубокая», «Рутченковская» и «Новомоспинская Западная», «Макеево-Смоляниновская».

С целью получения представительных оценок содержания ванадия, хрома и никеля в углях, как отдельных пластов, свит, так и в целом по району единичные определения были объединены по отдельным пластам в 52 пообъектных выборки, а дальнейший расчет средних значений концентраций выполнялся как средневзвешенного на объем объекта. При расчетах объема принималась средняя мощность пласта в пределах объекта, а площади достоверно установленных размывов и выклинивания пластов не учитывались. Выборочные средние концентрации свинца в углях пластов по свитам составляют: $C_2^2 - 10,3$ г/т, $C_2^3 - 10,6$ г/т, $C_2^4 - 8,3$ г/т, $C_2^5 - 12,1$ г/т, $C_2^6 - 8,9$ г/т, $C_2^7 - 4,5$ г/т, $C_3^1 - 8,5$ г/т, а в целом по району – 9,0 г/т; хрома: $C_2^2 - 36,3$ г/т, $C_2^3 - 24,8$ г/т, $C_2^4 - 31,7$ г/т, $C_2^5 - 35,3$ г/т, $C_2^6 - 26,4$ г/т, $C_2^7 - 8,7$ г/т, $C_3^1 - 22,6$ г/т, а в целом по району – 23,0 г/т; никеля: $C_2^2 - 23,5$ г/т, $C_2^3 - 21,0$ г/т, $C_2^4 - 38,3$ г/т, $C_2^5 - 20,9$ г/т, $C_2^6 - 18,6$ г/т, $C_2^7 - 12,9$ г/т, $C_3^1 - 17,2$ г/т, а в целом по району – 18,3 г/т.

Значимость различий между выборочными средними концентрациями Pb, Cr и Ni в углях ближайших по стратиграфическому разрезу пластов и свит устанавливалась с использованием программы STATISTICA 6.0 путем расчета *t*-критерия и *U*-критерия Манна-Уитни (как наиболее мощной непараметрической альтернативой *t*-критерия) с уровнем значимости $p \leq 0,05$.

В результате установлено, что для свинца в пяти, а для хрома и никеля только в двух случаях различия между выборочными средними содержаниями в углях ближайших по стратиграфическому разрезу исследованных пластов являются статистически незначимыми: это соответственно пары пластов $h_2^1 - h_3$; $h_7 - h_8$; $k_2 - k_2^2$; $m_5^1 - m_7$; $n_1 - n_1^B$; $h_8 - h_{10}^H$; $m_5 - m_5^1$; $h_2 - h_2^1$; $m_5^1 - m_7$; отличие между выборочными средними концентрациями этих элементов в углях пластов соседних свит во всех случаях оказывается значимым, градиент между выборочными средними содержаниями рассматриваемых элементов в угольных пластах достигает максимума в свитах C_2^4 и C_2^6 , минимума в свитах C_2^3 и C_2^7 .

Полученные результаты дают основание предположить, что основные факторы, контролирующие накопление свинца, хрома и никеля в углях района, в процессе формирования соседних пластов и дальнейшего преобразования угленосной толщи существенно изменялись, причем интегральное влияние этих

факторов на содержание этих элементов в углях пластов было максимально для пластов свит C_2^4 и C_2^6 .

Для выявления основных факторов, контролирующих накопление свинца, хрома и никеля в углях района, а также их связи с другими основными токсичными и потенциально токсичными элементами был выполнен корреляционный и регрессионный анализы концентраций с основными технологическими показателями, содержаниями этих элементов и петрографическим составом углей. В целом по району установлено:

1). Наличие статистически значимой связи концентрации свинца в углях района с зольностью (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,48), линейное уравнение регрессии:

$$Pb = 0,2189 + 0,803A^d$$

2). Наличие статистически значимой связи концентрации свинца в углях района с содержанием серы общей (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,59), линейное уравнение регрессии:

$$Pb = 0,138 + 0,5963S_{\text{общ}}$$

3). В углях района свинец образует геохимическую ассоциацию с хромом (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,39), с ванадием (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,47), линейные уравнения регрессии:

$$Pb = 0,03747 + 0,22927Cr,$$

$$Pb = 0,02481 + 0,27589V$$

В то же время, на отдельных участках исследованных пластов (с использованием метода Червякова В.А. [6]) выявлена значимая положительная корреляционная связь свинца с содержанием фюзенизированных микрокомпонентов. На участках маловосстановленных углей резкое повышение содержания свинца значимо коррелирует с увеличением концентраций германия.

4). Статистически значимое уменьшение содержания свинца в угле участков пластов непосредственно примыкающих к внутриформационным размытам.

5). Статистически значимое существенное увеличение концентраций свинца на локальных участках пластов с непосредственной алевролит-аргиллитовой почвой и аргиллитовой кровлей (например, участки пласта I_1 и I_1^1 на поле шахты «Пролетарская Глубокая», пласта h_3 на поле шахты им. Горького, пласта k_7 поля шахты им. Румянцева, пласта h_{10} на полях шахт «60-летия Советской Украины» и им. Калинина и др.).

6). Во всех исследованных пластах наблюдается незначительное увеличение концентрации свинца с ростом степени углефикации угля, усложнением строения пластов и уменьшением их мощности, увеличением количества внутрипластовых минерализованных прослоев, трещиноватости и степени восстановленности углей. Причем при расщеплении пластов обогащение свинцом угля происходит в пачке с меньшей мощностью. Например, пласт n_1 на поле шахты «Бутовская» расщепляется на 2 самостоятельных пласта n_1^B и n_1^H . В северо-восточной части шахтного поля более обогащена свинцом верхняя маломощная пачка, а юго-восточной – свинец концентрируется в нижней пачке имеющей меньшую мощность.

7) Резкое увеличение содержаний свинца, хрома и никеля в угле пластов на участках наличия в их верхней части прослоя сапропелита (например, пласт m_3 в пределах поля шахты «Ясиновская Глубокая» и др.).

8). В разрезе пластов, концентрация свинца в угле обычно возрастает в верхней, прикровельной части пласта.

9). Весь объем выборки характеризуется средним значением 9 ± 1 . Таким образом, среднее содержание свинца в углях района соответствует средней концентрации свинца в каменных углях месторождений бывшего СССР – 10 г/т [7]. Фоновое содержание составляет 5,8 г/т.

10). Средние значения содержания свинца в угле только одного пласта k_5^1 из всех основных рабочих пластов района превышают значение ПДК в углях.

11). Связь содержаний свинца с литологическим составом углевмещающих пород заключается в статистически значимым увеличением его концентраций на локальных участках пластов с непосредственной алевролит-аргиллитовой почвой и аргиллитовой кровлей.

12). Наличие геохимической ассоциации хрома с ванадием (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,67), с кобальтом (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,49), со свинцом (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,52), с никелем (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,56), с фтором (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,66), линейные уравнения регрессии:

$$\begin{aligned}Cr &= 0,06 + 0,73 \cdot V, & Cr &= 0,10 + 0,96 \cdot Co, \\Cr &= 0,14 + 0,41 \cdot Pb, & Cr &= 0,05 + 0,81 \cdot Ni, \\Cr &= 0,05 + 0,73 \cdot F.\end{aligned}$$

13). Наличие геохимической ассоциации никеля с ванадием (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,56), с хромом (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,56), с кобальтом (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,44), со свинцом (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,56), линейные уравнения регрессии:

$$\begin{aligned}Ni &= 0,13 + 0,40 \cdot V, & Ni &= 0,15 + 0,36 \cdot Cr, \\Ni &= 0,15 + 0,57 \cdot Co, & Ni &= 0,16 + 0,30 \cdot Pb.\end{aligned}$$

14). Наличие в углях района статистически значимой связи концентраций хрома с зольностью (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,71), никеля с зольностью (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,61), линейные уравнения регрессии:

$$Cr = 0,109 + 0,537 \cdot Ad, \quad Ni = 0,097 + 0,43 \cdot Ad.$$

15). Статистически значимое существенное увеличение концентраций хрома и никеля на локальных участках пластов с непосредственной алевролит-аргиллитовой почвой и аргиллитовой кровлей (например, участки пласта l_1 и l_1^1 на поле шахты «Пролетарская Глубокая», пласта h_3 на поле шахты им. Горького, пласта k_7 поля шахты им. Румянцева, пласта h_{10} на полях шахт «60-летия Советской Украины» и им. Калинина и др.).

16) В отличие от свинца в целом по району статистически значимой связи хрома и никеля с содержаниями общей серы не зафиксировано. В то же время

по отдельным пластам и участкам пластов с аномально высокими содержаниями этих элементов такая связь установлена. Например, пласты i_2^1 и k_1 .

17). На отдельных участках исследованных пластов (с использованием метода Червякова В.А. [6] выявлена значимая положительная корреляционная связь концентраций хрома и никеля с содержанием гелифицированных микрокомпонентов.

Выводы:

1. Выборочные средние концентрации свинца в углях пластов по свитам составляют: $C_2^2 - 10,3$ г/т, $C_2^3 - 10,6$ г/т, $C_2^4 - 8,3$ г/т, $C_2^5 - 12,1$ г/т, $C_2^6 - 8,9$ г/т, $C_2^7 - 4,5$ г/т, $C_3^1 - 8,5$ г/т, а в целом по району – $9,0$ г/т; хрома: $C_2^2 - 36,3$ г/т, $C_2^3 - 24,8$ г/т, $C_2^4 - 31,7$ г/т, $C_2^5 - 35,3$ г/т, $C_2^6 - 26,4$ г/т, $C_2^7 - 8,7$ г/т, $C_3^1 - 22,6$ г/т, а в целом по району – $23,0$ г/т; никеля: $C_2^2 - 23,5$ г/т, $C_2^3 - 21,0$ г/т, $C_2^4 - 38,3$ г/т, $C_2^5 - 20,9$ г/т, $C_2^6 - 18,6$ г/т, $C_2^7 - 12,9$ г/т, $C_3^1 - 17,2$ г/т, а в целом по району – $18,3$ г/т.

2. Основные факторы, влияющие на концентрацию свинца, хрома и никеля в ближайших по стратиграфическому разрезу угольных пластах в процессе угленакопления и последующих эпигенетических преобразований угленосной толщи испытывали значительные вариации.

3. Установлено, что в целом по району наблюдается значимая прямая линейная зависимость концентраций рассматриваемых элементов с зольностью, незначительное увеличение их концентрации с ростом степени углефикации угля, усложнением строения пластов и уменьшением их мощности, увеличением количества внутрипластовых минерализованных прослоев. Наличие значимой прямой зависимости содержаний свинца, хрома и никеля с зольностью позволяет прогнозировать снижение их концентрации в процессе углеобогащения.

4. Связь содержаний рассмотренных элементов с литологическим составом углевмещающих пород заключается в статистически значимом увеличении их концентраций на локальных участках пластов с непосредственной алевролит-аргиллитовой почвой и аргиллитовой кровлей.

Основное научное значение полученных результатов заключается в расчете средневзвешенных концентраций этих элементов в углях основных пластов и свит, выявление состава и характера их типоморфных геохимических ассоциаций, а также установление особенностей их накопления в углях района.

Основное практическое значение полученных результатов состоит в расчете уравнений регрессии между элементами, входящими в геохимические ассоциации рассматриваемых элементов, а также в установлении связи их концентрации с зольностью.

Список литературы

1. Ишков В.В., Чернобук А.И., Москаленко А.Б. Распределение бериллия, фтора, ванадия, свинца и хрома в продуктах и отходах обогащения Снежнянской ГОФ. // Геотехническая механика. Межведомственный сборник научных трудов, вып. 21. - Днепропетровск, 2000. – С. 76 – 83.

2. Ишков В.В., Чернобук А.И., Дворецкий В.В. О распределении бериллия, фтора, ванадия, свинца и хрома в продуктах и отходах обогащения Краснолиманской ЦОФ. // Науковий вісник Національної гірничої академії України. №5. - Днепропетровск, 2001. - С. 84-86.

3. Ишков В.В., Чернобук А.И., Михальчонок Д.Я. О распределении бериллия, фтора, ванадия, свинца и хрома в продуктах и отходах обогащения Добропольской ЦОФ. // Науковий вісник Національної гірничої академії України. №4. – Днепропетровск, 2001. – С. 89-90.
4. Ишков В.В., Лозовой А.Л. О закономерностях распределения токсичных и потенциально токсичных элементов в угольных пластах Павлоград-Петропавловского района. // Науковий вісник Національної гірничої академії України. №2. – Днепропетровск, 2001. – С. 57-61.
5. Гавришин А.И. Оценка и контроль качества геохимической информации. -М.: Недра, 1980. – 287с.
6. Червяков В.А. Концентрация поля в современной картографии. – М.: Наука, 1978. – 149 с.
7. Клер В.Р. Изучение сопутствующих полезных ископаемых при разведке угольных месторождений. – М.: Недра, 1979. – 272 с.

Рекомендовано до публікації д.г.-м.н. Нагорним Ю.М.

Надійшла до редакції 31.10.2012