

У результаті проведених розрахунків установлені наступні особливості зміни температурних параметрів атмосфери в глибоких кар'єрах Кривбасу:

- різниця температур на дні та поверхні кар'єра значна й у середньому складає: взимку - 3,0 °С, навесні - 3,2 °С, влітку - 2,7 °С та восени - 1,8 °С;

- найбільша температурна різниця спостерігається частіше в серпні, найменша – в березні та жовтні;

- при сталому стані атмосфери зростання температури на протязі доби на дні кар'єру проходить значно повільніше, ніж на поверхні, але також повільно відбувається й зниження температури;

- найбільша вірогідність появлення максимальних значень температури повітря на поверхні та дні кар'єра як в холодний так і в теплий періоди року приходить на 13-15 годину доби;

- найбільша вірогідність появлення добових мінімальних значень температури на поверхні і дні кар'єру в холодний період року приходить на період з 6 до 8 годин, а в теплий період року на період з 4 до 6 годин.

- встановлені закономірності флуктуації температури в кар'єрах Кривбасу дозволяють підвисити прогноз забруднення атмосфери в робочій зоні кар'єру в періоди несприятливої метеорологічної обстановки, а також оцінку впливу діяльності кар'єрів на навколишнє природне середовище.

Список літератури

1. Закономерности формирования микроклимата в глубоких карьерах Кривбасса /А.В. Зберовский, В.Б.Григорьев, М.А. Демиденко, Л.А.Раменский //Сб. научн. трудов НГА Украины №2. – Днепропетровск, РИК НГАУ. 1998.- С. 315 – 321

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Зберовським О.В.
Надійшла до редакції 04.11.10*

УДК 550.428:553.93

© В.В. Ишков

МЫШЬЯК В УГЛЯХ ЛИСИЧАНСКОГО И КРАСНОАРМЕЙСКОГО ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫХ РАЙОНОВ ДОНБАССА

В статье рассмотрены особенности распределения As в угольных пластах Лисичанского и Красноармейского геолого-промышленных районов. Установлен характер его распределения, выполнен расчет средневзвешенных концентраций в углях основных пластов и свит, выявлен состав типоморфной геохимической ассоциации As с другими токсичными и потенциальными элементами в углях района.

У статті розглянуто особливості розподілу As у вугільних пластах Лисичанського і Красноармійського геолого-промислового районів. Встановлено характер його розподілу, виконано розрахунки середньозважених концентрацій у вугіллі основних пластів та свит, з'ясовано склад типоморфної геохімічної асоціації As з іншими токсичними і потенційно токсичними елементами у вугіллі району.

The peculiarities of As distribution in the coal strata of Lisichansk and Krasnoarmysk geological and industrial district have been considered in the article. There was defined the character of its distribution, calculated weighted average concentrations in the coals of basic strata and formations, determined the composition of typomorphic geochemical association of As with other toxic and potentially toxic elements in the coals of the district.

Введение. Исследования распределения As в углях пластов Лисичанского и Красноармейского геолого-промышленных районов Донбасса связаны с повышением требований к охране окружающей среды, обуславливающих потребность в новых научно обоснованных методах прогноза содержания токсичных элементов в добываемой шахтами горной массе, отходах добычи и углеобогащения. Для объективной оценки воздействия угледобывающей промышленности и предприятий теплоэнергетики на экологическую ситуацию и планирования наиболее эффективных мероприятий, направленных на ее улучшение, необходимо располагать сведениями о характере распределения и уровне концентрации токсичных элементов в углях и вмещающих породах извлекаемых в процессе добычи. С целью получения такой информации в Национальном горном университете были выполнены детальные исследования, охватившие всю территорию Лисичанского и Красноармейского геолого-промышленных районов. Автором совместно с А.И. Чернобук, Д.Я. Михальчонок, В.В. Дворецким [1, 2] исследованы особенности распределения некоторых токсичных и потенциально токсичных элементов в продуктах и отходах обогащения ряда углеобогачительных фабрик Донбасса, а также совместно с А.Л. Лозовым [3] рассмотрены особенности распределения основных токсичных и потенциально токсичных элементов в угле пластов Павлоград-Петропавловского района. В 2005г. в соавторстве с В.Н. Нагорным были обобщены и проанализированы данные о закономерностях накопления ртути в угольных пластах Красноармейского района [4]. В тоже время, совместное распределение As в углях пластов Лисичанского и Красноармейского геолого-промышленных районов рассматривается впервые.

Цель и задачи исследования. В данной работе основными задачами изучения геохимии токсичных элементов в основных рабочих угольных пластах являлись: ревизия выполненных ранее исследований концентраций As; классификация угольных пластов по содержанию As; выявление связи и расчет уравнений регрессий между концентрациями As и другими основными токсичными и потенциально токсичными элементами, петрографическим составом углей и их основными технологическими параметрами.

Результаты.. Используемый фактический материал характеризует содержание As в углях 20 пластов Лисичанского района относящихся к свитам C_2^4 (пласт i_2^1), C_2^5 (пласты k_7^1 , k_8^H , k_8 , k_8^B), C_2^6 (пласты l_1 , l_2 , l_2^1 , l_3 , l_4 , l_5 , l_6 , l_8 , l_8^1) и C_2^7 (пласты m_3^H , m_3 , m_3^B , m_6^2 , m_6^3 и m_7) и 34 пластов Красноармейского района относящихся к свитам C_2^2 (пласт g_1^{2H}), C_2^3 (пласты h_1^H , h_4 , h_6 , h_8 , h_{10} , h_{10}^1), C_2^5 (пласты k_5^H , k_5 , k_5^B , k_7 , k_7^1 , k_7^2 , k_8), C_2^6 (пласты l_1 , l_2^1 , l_3 , l_4 , l_4^B , l_5 , l_5^1 , l_6 , l_7^H , l_7 , l_7^B , l_8^H , l_8 , l_8^1) и C_2^7 (пласты m_2 , m_3 , m_4^0 , m_4^2 , m_6^1 и m_6^2) среднего отдела каменноугольного периода. Именно по этим пластам были получены наиболее представительные (более 33 анализов удовлетворяющих требованиям правильности и воспроизводимости [6, 7] и относительно равномерно распределенные по площади) результаты. В целях получения наиболее объективных и однородных данных в работе использовались в основном результаты полуколичественных и количественных анализов углей керновых проб полей шахт «Матросская» (пласты k_7^1 , l_3 , l_5 , l_6 , l_8 и m_3^B), «им. Капустина» (пласты i_2^1 , k_8^H , l_3 , l_4 , l_6 , l_8 , m_3^H , m_3 , m_6^2 , и m_7), «им. Мельникова» (пласты k_8 , l_2^1 , l_4 и l_6), «Привольнянская» (пласты k_8 , l_1 , l_2 , l_3 , l_4 , l_5 , l_6 , l_8 , l_8^1 , и

$m_3^H, m_3^B, m_6^2, m_6^3$ и m_7), «Кременная» (пласты k_8^H, k_8, k_8^B и l_2^1), «Новодружеская» (пласт l_2^1), «им. 60-летия Советской Украины» (пласты k_8^H, l_4 и l_6), «Родинская» (пласты k_5^B, k_7, l_7^H и l_8^1), «Центральная» (пласты k_5^B, k_7, l_1, l_3 и l_7), «Краснолиманская» (пласты k_5, l_3, l_7 и m_4^2), «Горняк» (пласты m_2 и m_3), «Белозерская» (пласты l_3, l_8, m_2), «Новодонецкая» (пласты k_8, l_3 и l_8^H), «Алмазная» (пласты $l_1, l_2^1, l_3, l_4, l_5$ и l_7), им. Стаханова (пласты k_5, l_1, l_3 и l_7), «Добропольская» (пласты $l_1, l_2^1, l_3, l_4, l_5, m_4^0$ и m_6^2), им. Димитрова (пласты $k_7, k_8, l_1, l_3, l_6, l_7$), «Пионер» (пласты l_3, l_7^B, l_8, m_4^0 и m_4^2), «Россия» (пласты $k_8, l_3, l_7, l_8, m_2, m_3$ и m_4^2), «Новгородка №1-2 и №3» (пласты k_8, l_1, l_7, l_8^1 и m_4^2), им. Коротченко (пласты k_8, l_1, l_3, l_8 и l_8^1), «Украина» (пласты $k_8, l_1, l_2^1, l_3, l_7^H$ и l_8), «Кураховская №10 и №42» (пласты k_8, l_2^1 и l_4), а также резервных и разведочных площадей и участков «Северодонецкий – 2» (пласты $k_5^H, k_5, k_5^B, l_2^1, l_3, l_4, l_5, l_7, l_8, m_2, m_4^2$ и m_6^2), «Новгородовские» (пласты $k_8, l_1, l_2^1, l_3, l_4, l_7^H, l_7, l_8, l_8^1, m_2, m_3$ и m_4^2), «Лесовские» (пласты $k_8, l_1, l_2^1, l_3, l_6, l_7, l_8, l_8^1, m_2, m_3, m_4^0, m_6^1, m_6^2$), «Гапеевские» (пласты $k_5^H, k_5, k_5^B, k_7^1, k_7^2, k_8, l_1, l_2^1, l_3, l_4^B, l_8^H, m_4^0$), «Добропольские» (пласты $k_8, l_1, l_2^1, l_3, l_5, l_7^B, l_8^H, l_8, m_4^0, m_4^2, m_6^1$ и m_6^2), «Димитровские» ($h_1^H, h_4, h_6, h_8, h_{10}, h_{10}^1, l_1, l_3, l_5^1, l_6$ и l_7), «Успеневские» (пласты h_4 и h_{10}) выполненных после 1983г. в центральных сертифицированных лабораториях геологоразведочных организаций, в ряде случаев они дополнялись анализами пластово – дифференцированных проб отобранных лично или совместно с сотрудниками геологических служб производственных геологоразведочных и добывающих организаций.

После первичного анализа и разбраковки качественных и количественных характеристик правильности и воспроизводимости результатов анализов в дальнейшей работе было использовано 939 определений As в углях Лисичанского района и 2538 его определений в углях Красноармейского района.

С целью получения представительных оценок содержания As в углях, как отдельных пластов, свит, так и в целом по районам единичные определения были объединены по отдельным пластам в 54 пообъектных выборки, а дальнейший расчет средних значений концентраций выполнялся как средневзвешенное на объем пласта. При расчетах объема принималась средняя мощность в пределах пласта, а площади достоверно установленных размывов и выклинивания не учитывались.

В целях классификации угольных пластов района по содержанию As была выполнена процедура кластерного анализа. Использование кластерного анализа в целях классификации имеет ряд преимуществ, так как позволяет выполнить разбиение множества исследуемых объектов и признаков на однородные в соответствующем понимании группы или кластеры, а также выявить их внутреннюю структуру (на разных иерархических уровнях) в изучаемой выборочной совокупности. В связи с этим в данной работе использовался, как наиболее эффективный взвешенный центроидный метод, а в качестве меры сходства - евклидовое расстояние между средневзвешенными содержаниями As в углях пластов. Как показано в [7] такой подход является наиболее эффективным и позволяет не только установить количество результирующих кластеров, но и выявить их структуру. Результаты кластерного анализа концентраций As в угле пластов Лисичанского рай-

она взвешенным центроидным методом приведены на рис. 1, а Красноармейского – на рис. 2.

На дендрограмме кластеризации пластов по содержанию As (см. рис. 1) первый кластер составляют пласты со средним содержанием (от 0 до 156 г/т, при среднем по кластеру 91 г/т), второй кластер формирует только 1 пласт с аномально высокими концентрациями (средневзвешенное значение по пласту - 269 г/т). В структуре первого кластера четко выделяются два вложенных кластера. В кластере 1.1 находятся 8 пластов с минимальными содержаниями (от 0 до 83 г/т, при среднем по кластеру (соответствует фоновому значению) 44 г/т), а в кластере 1.2 объединены 11 пластов с повышенными концентрациями (от 107 до 200 г/т, при среднем по кластеру 130 г/т). Обращает внимание близость (в пределах 95% доверительного интервала) средневзвешенных значений содержания As в углях пластов первого кластера и во всех изученных пластах района (средневзвешенное значение 95 г/т).

На дендрограмме кластеризации пластов Красноармейского района по содержанию As (см. рис. 2) первый кластер составляют пласты с минимальным содержанием (от 6 до 39 г/т, при среднем по кластеру 26 г/т), второй кластер – пласты со средним содержанием (от 44 до 74 г/т, при среднем по кластеру 59 г/т), третий кластер – с повышенными концентрациями (от 90 до 112 г/т, при среднем по кластеру 99 г/т), четвертый кластер образуют два пласта с аномально высокими концентрациями (от 156 до 300 г/т, при среднем по кластеру 228 г/т). Обращает внимание близость (в пределах 95% доверительного интервала) средних значений содержания As в углях пластов второго кластера и во всех изученных пластах района.

Сопоставление результатов кластерного анализа средневзвешенных концентраций As по пластам, технологических характеристик, морфоструктурных особенностей пластов, литолого-фациального состава непосредственной кровли и почвы, а также петрографических исследований углей показало:

1) по Лисичанскому району:

1.1) для углей пластов первого кластера (см. рис. 1) характерны: значительное преобладание в микрокомпонентах угля гелифицированного вещества, ведущая роль в минеральных примесях сингенетических зерен кварца, диагенетических карбонатов и сульфидов при общем невысоком содержании минеральной составляющей и серы общей. Угли пластов кластера 1.2 отличает несколько повышенное содержание глинистого вещества по сравнению с углями пластов кластера 1.1;

2) угли пласта i_2^1 формирующего второй кластер (см. рис. 1) отличаются от вошедших в первый в целом более высоким содержанием фюзенизированного вещества и повышенной диагенетической (в основном – глинистой) и эпигенетической (в частности, сульфидной) минерализацией. Пласт i_2^1 расположен в верхней части толщи мелкозернистых песчаников и несколько ниже глинистого известняка I_4 . Из всех исследованных по району угольных пластов он отличается исключительной невыдержанностью и фрагментарностью распространения. Для него характерны многочисленные расщепления и слияния, резкие измене-

ния мощности на весьма небольших интервалах, различные типы размывов и значительное количество элементарных слоев и пачек.

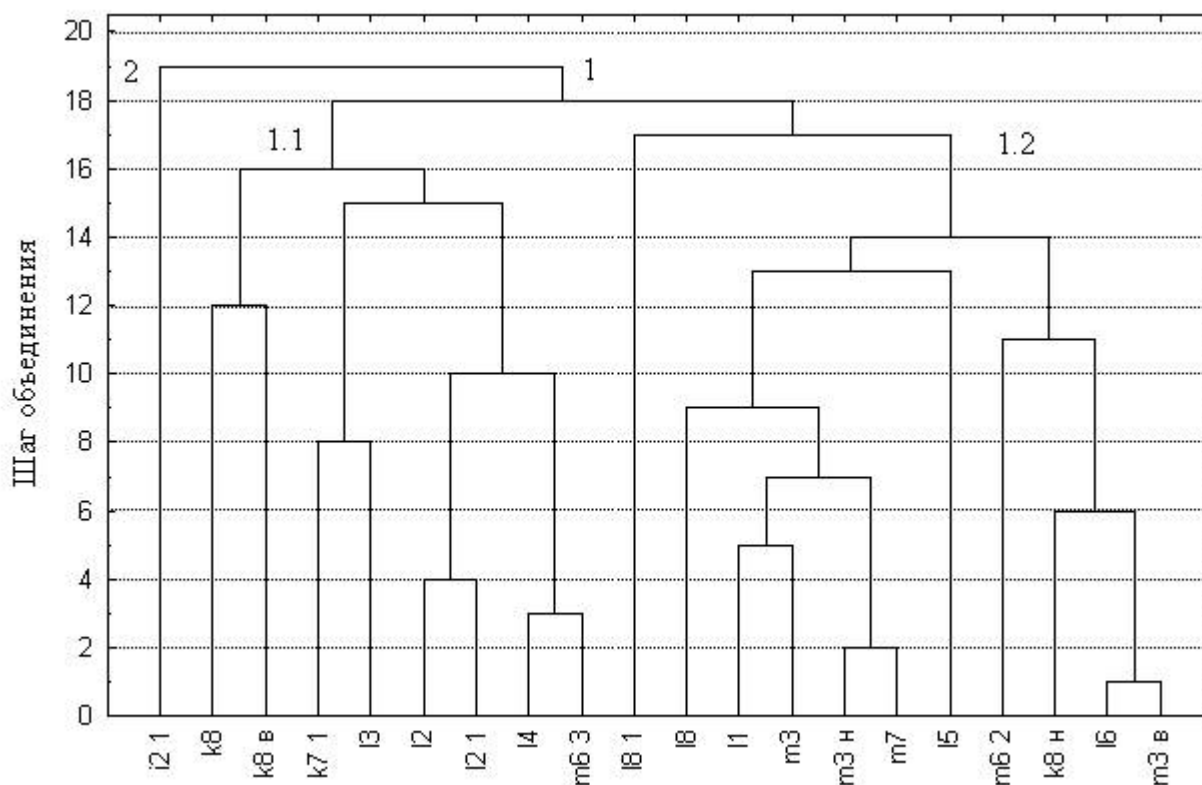


Рис.1. Дендрограмма результатов кластеризации взвешенным центроидным методом угольных пластов Лисичанского геолого-промышленного района по содержанию As в угле.

2) по Красноармейскому району:

2.1) статистически значимая связь содержаний As с сернистостью, зольностью и петрографическим составом углей отсутствует, в то же время как для пластов формирующих четвертый кластер, так и для отдельных участков других пластов с аномально высокими его концентрациями выявлена значимая положительная связь содержаний As с количеством эпигенетической сульфидной минерализацией, зольностью и содержанием фюзенизированных микрокомпонентов.

2.2) для всех пластов входящих в первый кластер и для большинства пластов формирующих второй кластер установлена значимая положительная связь (коэффициент корреляции Пирсона 0,44) между концентрациями As и содержанием глинистых минералов в углях;

Для выявления основных факторов, контролирующих накопление As в углях районов, а также его связи с другими основными токсичными и потенциально токсичными элементами был выполнен корреляционный и регрессионный анализы его концентраций с основными технологическими показателями, содержаниями этих элементов и петрографическим составом углей. В целом по районам установлено:

1) статистически значимая связь содержаний As с сернистостью, зольностью и петрографическим составом углей отсутствует, в то же время как для

пластов Лисичанского района формирующих кластеры 1.2 и 2 (рис.1) и для пластов Красноармейского района объединенных в кластеры II, III и IV (рис.2) выявлена значимая положительная связь содержаний As с количеством эпигенетической сульфидной минерализацией, зольностью и содержанием фюзенизированных микрокомпонентов. Кроме того, для всех этих пластов установлена значимая положительная связь (коэффициент корреляции Пирсона 0,48) между концентрациями As и содержанием глинистых минералов в углях;

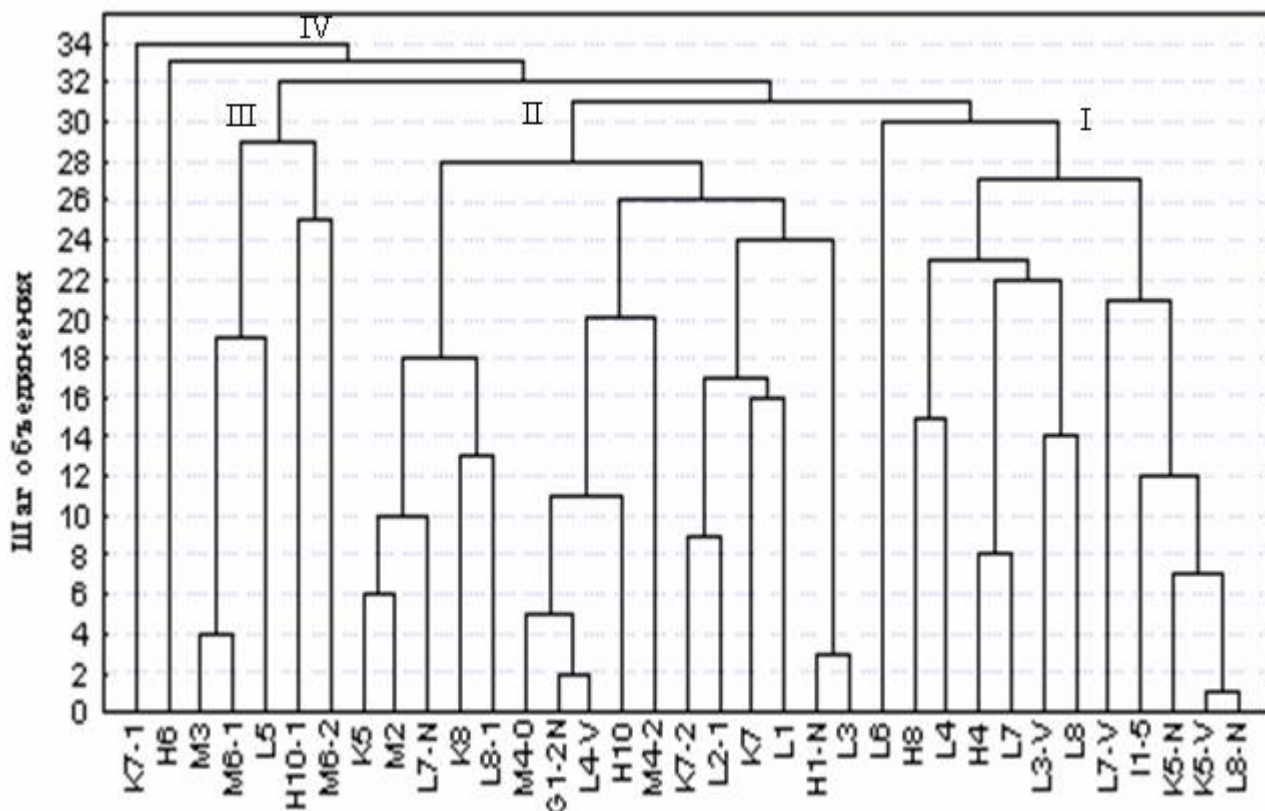


Рис.2. Дендрограмма результатов кластеризации взвешенным центроидным методом угольных пластов Красноармейского геолого-промышленного района по содержанию As в угле

2) в углях Лисичанского района As образует геохимическую ассоциацию с Be (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,49, график регрессии на рис. 3), с F (значимый коэффициент корреляции Пирсона –0,48, график регрессии на рис. 4), с Mn (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,36, график регрессии на рис. 5) и с Pb (значимый линейный коэффициент корреляции 0,51, график регрессии на рис. 6), линейные уравнения регрессии:

$$\begin{aligned} \text{As} &= 0,20225 + 0,46350\text{Be}; & \text{As} &= 0,50608 - 0,4643\text{F}; \\ \text{As} &= 0,27055 + 0,37497\text{Mn}; & \text{As} &= 0,20930 + 0,49605\text{Pb}, \end{aligned}$$

в то же время на площади пластов (с использованием метода Червякова В.А. [8]) формирующих кластеры 1.2 и 2, а также на отдельных участках пластов объединенных в кластер 1.1 выявлена значимая положительная корреляционная связь As с содержанием фюзенизированного вещества углей, диагенетической глинистой и эпигенетической сульфидной минерализацией;

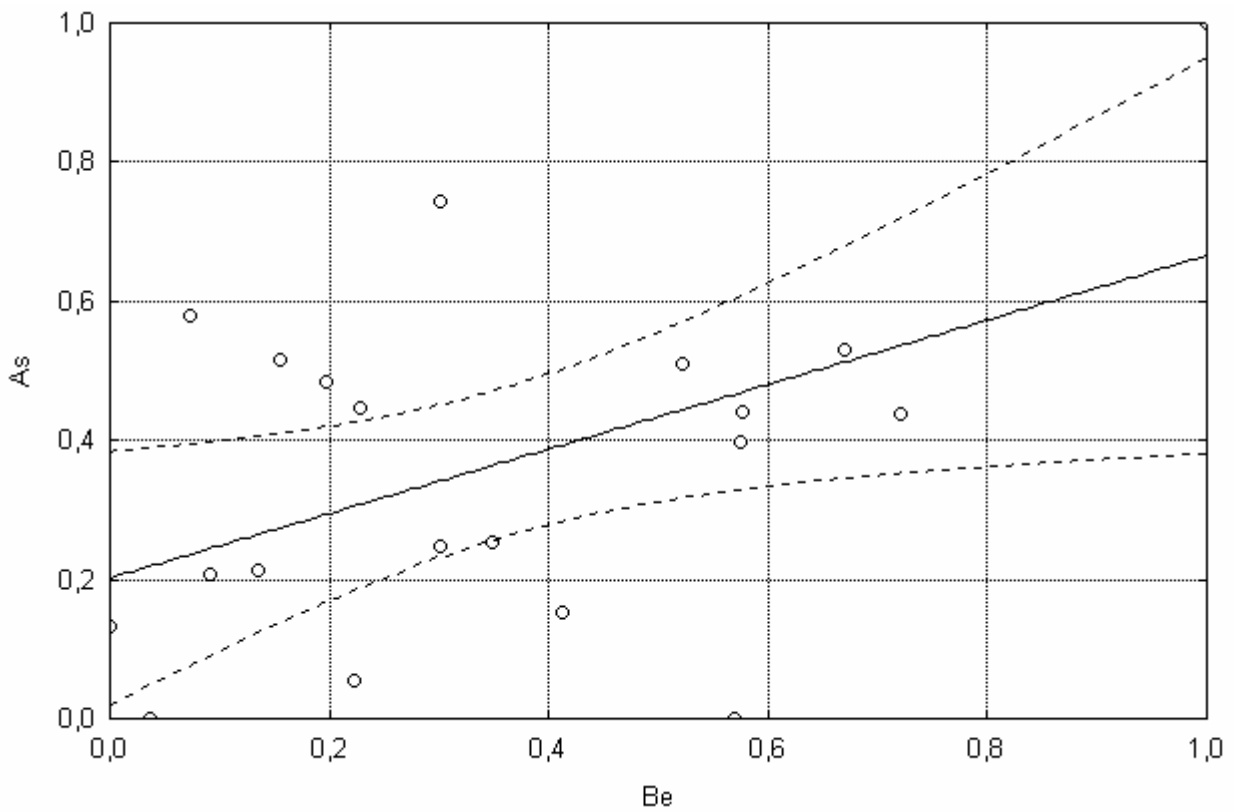


Рис. 3. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями As и Ve в основных угольных пластах Лисичанского района

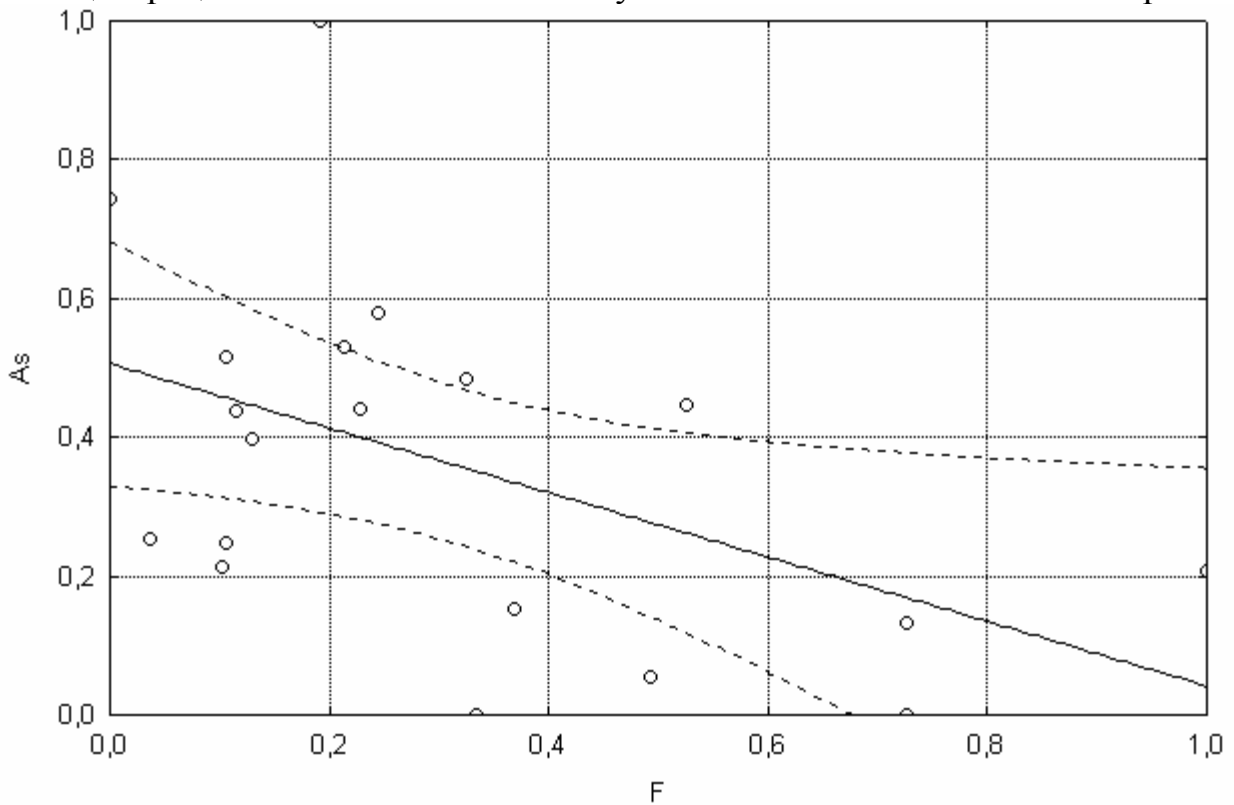


Рис. 4. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями As и F в основных угольных пластах Лисичанского района

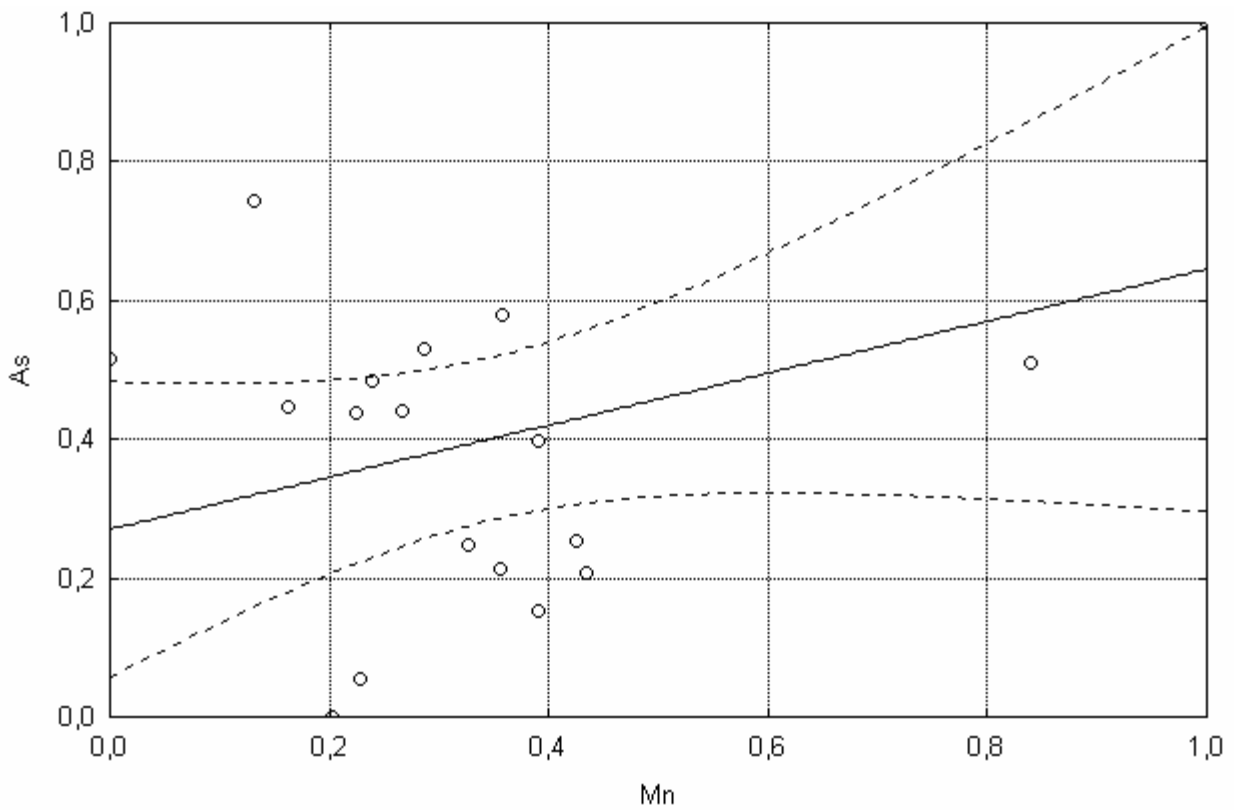


Рис. 5. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями As и Mn в основных угольных пластах Лисичанского района

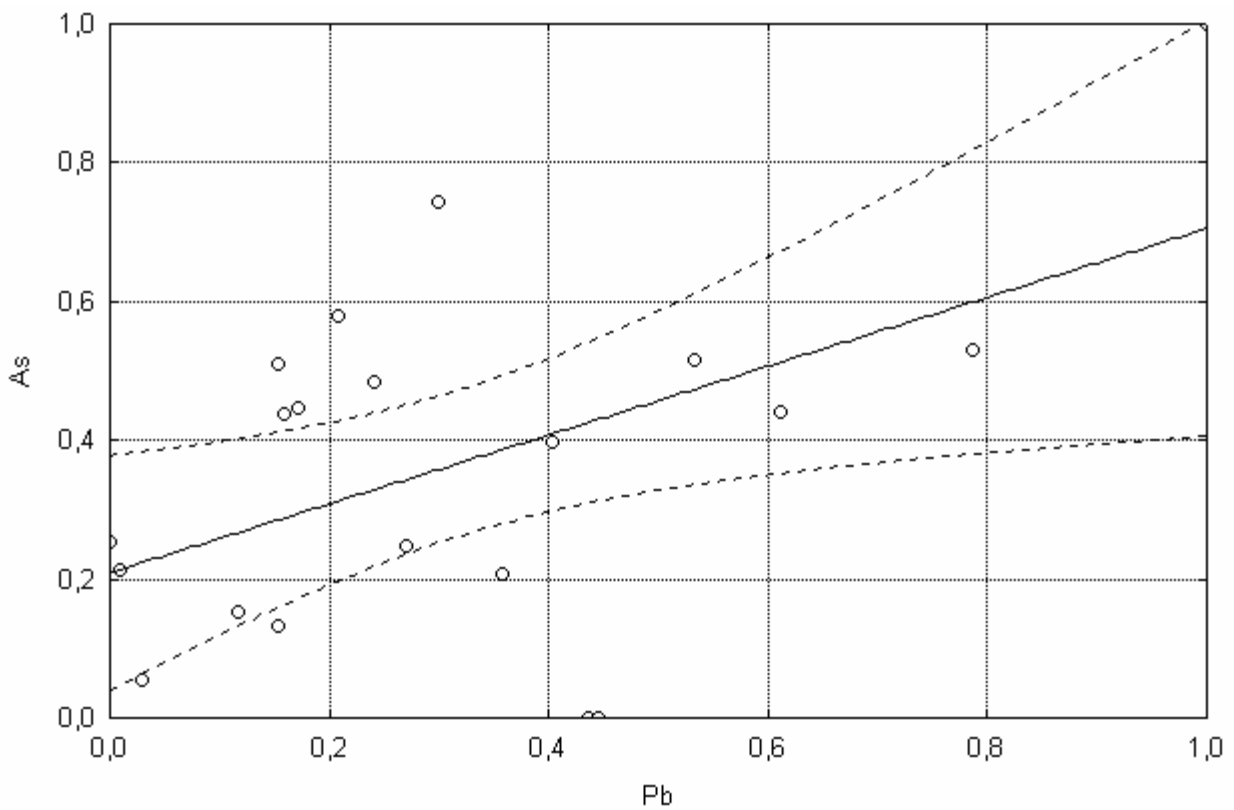


Рис. 6. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями As и Pb в основных угольных пластах Лисичанского района

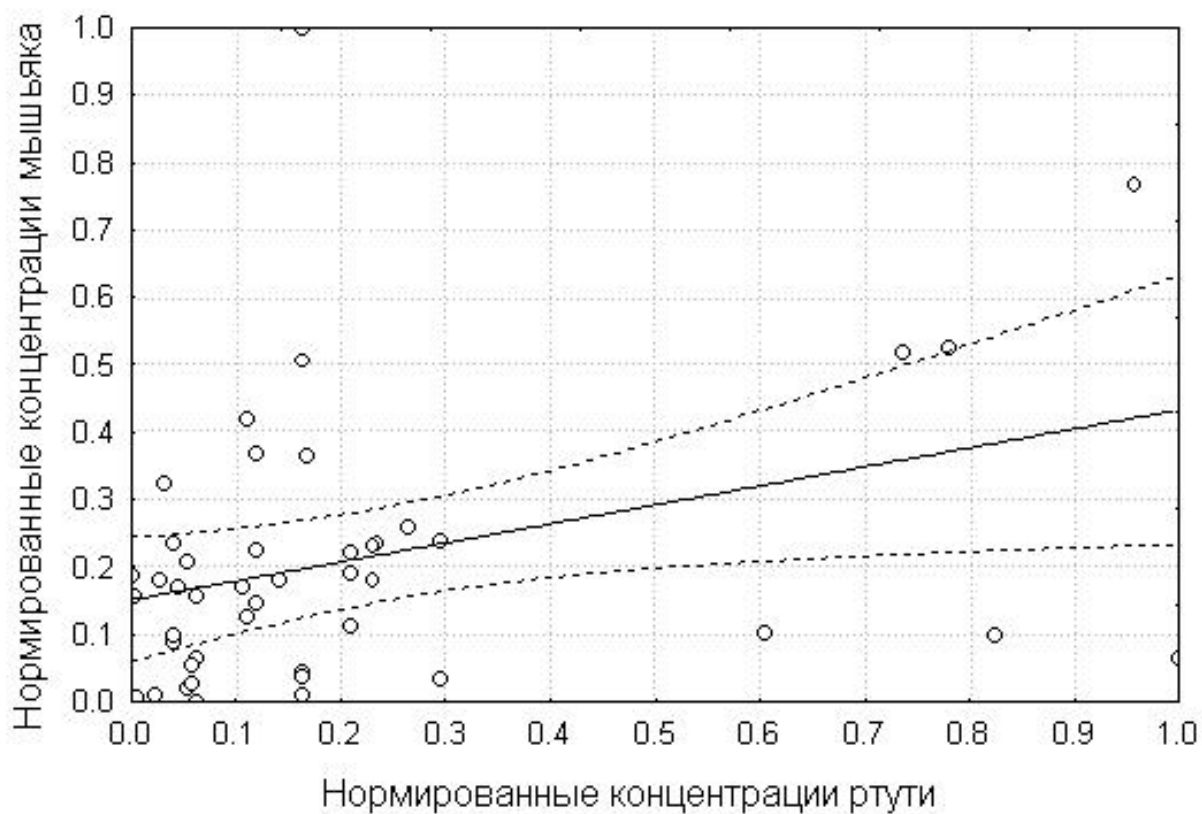


Рис. 7. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями As и Hg в основных угольных пластах Красноярского района

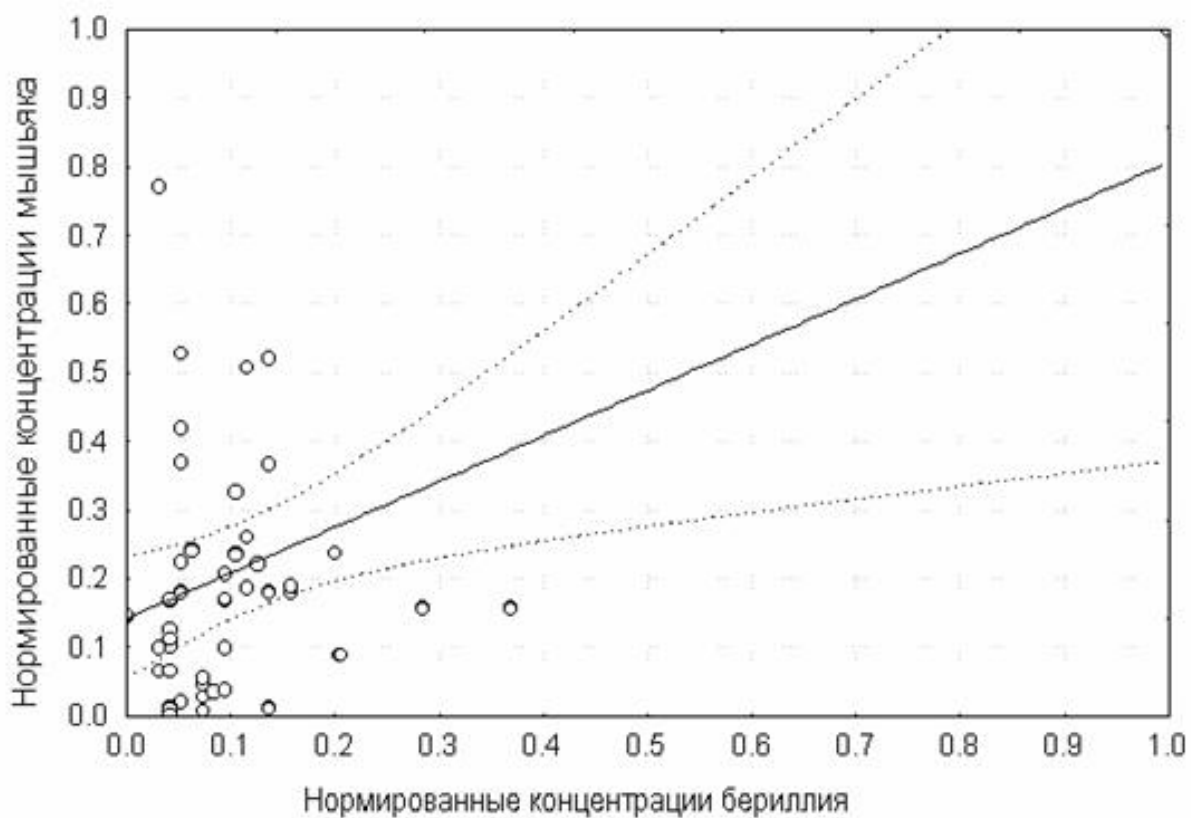


Рис. 8. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями As и Be в основных угольных пластах Красноярского района

3) в углях Красноармейского района As образует геохимическую ассоциацию с Hg (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,39, график регрессии на рис. 7) и с Be (значимый линейный коэффициент корреляции 0,42, график регрессии на рис. 8), линейные уравнения регрессии:

$$\text{As} = 0,1512 + 0,28189\text{Hg}; \quad \text{As} = 0,1422 + 0,66404\text{Be},$$

в то же время на отдельных участках исследованных пластов (с использованием метода Червякова В.А. [5] выявлена значимая положительная корреляционная связь As со Pb (участки Димитровский, Гапеевские и Лесовские) и Mn (участки Гапеевские и Северородинский 2);

4) в целом по районам во всех исследованных пластах наблюдается незначительное увеличение содержания As с ростом степени углефикации угля;

5) концентрация As в угле всех рассматриваемых пластов, как правило, закономерно возрастает на участках с интенсивной трещиноватостью, вдоль разрывных нарушений и вблизи зон эпигенетических размывов;

6) содержания As в углях значимо не зависят от мощности пластов, особенностей их строения сформированных на сингенетическом этапе, литологии кровли и почвы.

Выводы.

1. Средние значения содержаний As в угле основных рабочих пластов Лисичанского и Красноармейского районов ниже ПДК в углях. Кроме того, в пластах зоны аномальных концентраций As в основном приурочены к участкам, которые не могут быть отработаны по технологическим причинам или горно-геологическим условиям. В Лисичанском районе уголь всех пластов относящихся к первому кластеру по содержанию As может быть использован после обогащения в пищевой промышленности. Уголь всех пластов относящихся к первому и частично второму кластерам может быть использован по содержанию As без обогащения в энергетической и металлургической промышленности. В Красноармейском районе уголь всех пластов относящихся к первому кластеру по содержанию As может быть использован после обогащения в пищевой промышленности. Уголь всех пластов относящихся к первому, второму и частично третьему кластерам может быть использован по содержанию As без обогащения в энергетической и металлургической промышленности. Уголь пластов относящихся к четвертому кластеру требует особого подхода в обогащении и шихтовки при любой области его использования.

2. В Лисичанском районе аномально высокие концентрации As характерны для углей пласта i_2^1 (максимальное по району средневзвешенное содержание). В минимальном количестве As содержится в углях пластов k_7^1 , k_8 , k_8^B , l_2 , l_2^1 , l_3 , l_4 , и m_6^3 . В Красноармейском районе аномально высокие концентрации As характерны для углей пластов h_6 , и k_7^1 (максимальное по району средневзвешенное содержание). В минимальном количестве As содержится в углях пластов k_5^H , k_5^B , l_4 , l_5^1 , l_6 , l_7^B , l_8^H .

3. Несмотря на отсутствие прямой связи содержаний As с зольностью и сернистостью углей в целом по районам, в то же время, для ряда пластов с повышенными концентрациями As такая зависимость приобретает статисти-

чески значимый характер. Это свидетельствует о разных формах нахождения As в углях районов. Если для углей с фоновыми содержаниями As преобладающей является органическая (вероятно, сорбционная) и терригенная форма, то для углей с высокими концентрациями As доминирующей является сульфидная эпигенетическая. Повышение концентраций As с увеличением степени углефикации углей связано с тем, что угли более высокой степени углефикации подвергались большим эпигенетическим преобразованиям и следовательно, вероятность эпигенетического привноса соединений As была более высокой.

4. Для углей Лисичанского района типоморфной является геохимическая ассоциация As с Be, F, Mn, Pb, а для углей Красноармейского - с Hg и Be.

Основное научное значение полученных результатов заключается в расчете средневзвешенных концентраций As в углях основных пластов и свит, выявление состава и характера его типоморфных геохимических ассоциаций, а также установление причин и особенностей накопления этого элемента в углях районов.

Основное практическое значение полученных результатов состоит в классификации угольных пластов района по содержанию As, а так же в расчете уравнений регрессии между элементами, входящими в его геохимические ассоциации.

Список литературы

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. Ишков В.В., Нагорный В.Н. О закономерностях накопления ртути в угольных пластах Красноармейского геолого-промышленного района // Науковий вісник Національної гірничої академії України. №2. – Днепропетровск, 2005. – С. 84-88.
5. Гавришин А.И. Оценка и контроль качества геохимической информации. -М.: Недра, 1980. – 287с.
6. Беус А.А. Геохимия литосферы. – М.: Недра, 1981. – 335с.
7. Ишков В.В., Сердюк Е.А., Слипенький Е.В. Особенности применения методов кластерного анализа для классификации угольных пластов по содержанию токсичных и потенциально токсичных элементов (на примере Красноармейского геолого-промышленного района) // Сборник научных трудов НГУ. - №19. - Т.1. - С. 5-16.
8. Червяков В.А. Концентрация поля в современной картографии. – М.: Наука, 1978. – 149 с.

*Рекомендовано до публікації д.г.-м.н. Нагорним В.М.
Надійшла до редакції 04.11.10*