

Вывод. На основе использования метода численного моделирования предложена модель произвольно ориентированной в пространстве протяженной горной выработки пересекающей геологическое нарушение разрывного типа. Предложенная модель может быть использована при решении расчетных задач проходки и поддержания выработок пройденных в условиях обводненных тектонически нарушенных горных пород.

Список литературы

1. Шашенко А.Н., Мещанинов С.К. Энтропийный метод контроля, управления и прогнозирования надежности функционирования очистного забоя // Науковий вісник НГУ. – 2008. – №5. – С. 17–21.
2. Мещанинов С.К. К разработке алгоритма расчета устойчивости приконтурной области массива, вмещающего высоконагруженную лаву // Вісті Донецького гірничого інституту. – 2008. – №1. – С. 13–19.
3. Крауч С. Старфилд А. Методы граничных элементов в механике твердого тела. – М.: Мир, 1987. – 328 с.
4. Шашенко А.Н. Механика горных пород: учебник для вузов / А.Н. Шашенко, В.П. Пустовойтенко. – К.: Новий друк, 2004. – 400 с.
5. Феннер Р. Исследование горного давления // Горное давление.– М.: Госгортехиздат, 1961.– С. 5–58.
6. Лабасс А. Давление горных пород в угольных шахтах // Горное давление.– М.: Госгортехиздат, 1961. – С. 59–199.
7. Кузнецов А.И. Плоская деформация неоднородных пластических тел // Вестник Ленингр. ун-та. Серия: математика, механика, астрономия. – 1958.– №13. – Вып. 3. – 112–131.
8. Шашенко А.Н., А.В. Солодянкин, С.Н. Гапеев [и др.] Компьютерное моделирование геомеханических процессов // Новые технические решения при строительстве выработок, тампонаже и закреплении горных пород: Монография [Под общ. ред. Должикова П.Н., Рябичева В.Д.]. – Донецк: «Норд-Пресс», 2006. – С. 149–160.
9. Гапеев С.Н., Шашенко А.Н., Янко В.И. Численное моделирование процесса потери упругопластической устойчивости породного массива в окрестности одиночной выработки // Сб. науч. тр. НГУ. – Днепропетровск: РИК НГУ. – 2002. – № 15, Т. 1. – С. 29–34.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Роєнком А.М.
Надійшла до редакції 28.10.10*

УДК 550.428:553.93

© В.В. Ишков

ВАНАДИЙ, ХРОМ И НИКЕЛЬ В УГОЛЬНЫХ ПЛАСТАХ ДОНЕЦКО-МАКЕЕВСКОГО ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННОГО РАЙОНА ДОНБАССА

В статье рассмотрены особенности распределения V, Cr и Ni в угольных пластах Донецко-Макеевского геолого-промышленного района. Установлен характер его распределения, выполнен расчет средневзвешенных концентраций в углях основных пластов и свит, выявлен состав типоморфной геохимической ассоциации Pb с другими токсичными и потенциальными элементами в углях района.

У статті розглянуто особливості розподілу V, Cr та Ni у вугільних пластах Донецько-Макіївського геолого-промислового району. Встановлено характер його розподілу, виконано розрахунки середньозважених концентрацій у вугіллі основних пластів та свит, з'ясовано склад типоморфної геохімічної асоціації Pb з іншими токсичними і потенційно токсичними елементами у вугіллі району.

The peculiarities of V, Cr and Ni distribution in the coal strata of Donecko-Makeevskogo 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 Pb with other toxic and potentially toxic elements in the coals of the district.

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 ванадия, 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 и др.] исследованы особенности распределения ванадия и хрома в продуктах и отходах обогащения ряда углеобогатительных фабрик Донбасса, а также совместно с А.Л. Лозовым [4 и др.] рассмотрены особенности распределения основных токсичных и потенциально токсичных элементов в угле пластов Павлоград-Петропавловского района. В тоже время, особенности накопления ванадия, хрома и никеля в угольных пластах Донецко-Макеевского района до настоящего времени не были исследованы.

Формулирование целей. В данной работе основными задачами изучения геохимии токсичных элементов в основных рабочих угольных пластах являлись: ревизия выполненных ранее исследований концентраций ванадия, 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. 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 каменно-

угольного 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.

После первичного анализа и разбраковки качественных и количественных характеристик правильности и воспроизводимости результатов анализов в дальнейшей работе было использовано 1683, 1708 и 1697 определений, соответственно, никеля ванадии и хрома в углях.

Наиболее представительные [6, 7] 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. Рассчитанные таким образом выборочные средние концентрации ванадия в углях пластов по свитам составляют: $C_2^2 - 6,3$ г/т, $C_2^3 - 38,1$ г/т, $C_2^4 - 36,7$ г/т, $C_2^5 - 34,3$ г/т, $C_2^6 - 37,7$ г/т, $C_2^7 - 32,7$ г/т, $C_3^1 - 122,4$ г/т, а в целом по району – 42,9 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 V, Cr и Ni в углях ближайших по стратиграфическому разрезу пластов и свит устанавливалась с использованием программы STATISTICA 6.0 [8] 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 ванадия, 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 $h_8 - h_{10}^H$; $m_5^1 - m_7$; $h_8 - h_{10}^H$; $m_5 - m_5^1$; $h_2 - h_2^1$; $m_5^1 - m_7$; отличие между выборочными средними концентрациями этих элементов в углях пластов соседних свит во всех случаях оказывается значимым, градиент между выборочными средними содержаниями свинца 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 ванадия, хрома и никеля в углях района, в процессе формирования соседних пластов и дальнейшего преобразования угленосной толщи существенно изменялись, причем влияние этих факторов на интегральное содержание этих элементов в углях пластов было максимально для пластов свит C_2^4 и C_2^6 .

Для выявления основных факторов, контролирующих накопление ванадия, 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). В углях района ванадий образует геохимическую ассоциацию с хромом (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,67, график регрессии на рис. 1), с кобальтом (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,44, график регрессии на рис. 2), со свинцом линейные (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,39, график регрессии на рис. 3), с никелем (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,56, график регрессии на рис. 4) линейные уравнения регрессии:

$$V = 0,13 + 0,59 \cdot Cr, \quad V = 0,16 + 0,73 \cdot Co,$$

$$V = 0,21 + 0,26 \cdot Pb, \quad V = 0,11 + 0,72 \cdot Ni.$$

2). Наличие геохимической ассоциации хрома с ванадием (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,67, график регрессии на рис. 5), с кобальтом (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,49, график регрессии на рис. 6), со свинцом (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,52, график регрессии на рис. 7), с никелем (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,56, график регрессии на рис. 8), с фтором (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,66, график регрессии на рис. 9), линейные уравнения регрессии:

$$Cr = 0,06 + 0,73 \cdot V, \quad Cr = 0,10 + 0,96 \cdot Co,$$

$$Cr = 0,14 + 0,41 \cdot Pb, \quad Cr = 0,05 + 0,81 \cdot Ni,$$

$$Cr = 0,05 + 0,73 \cdot F.$$

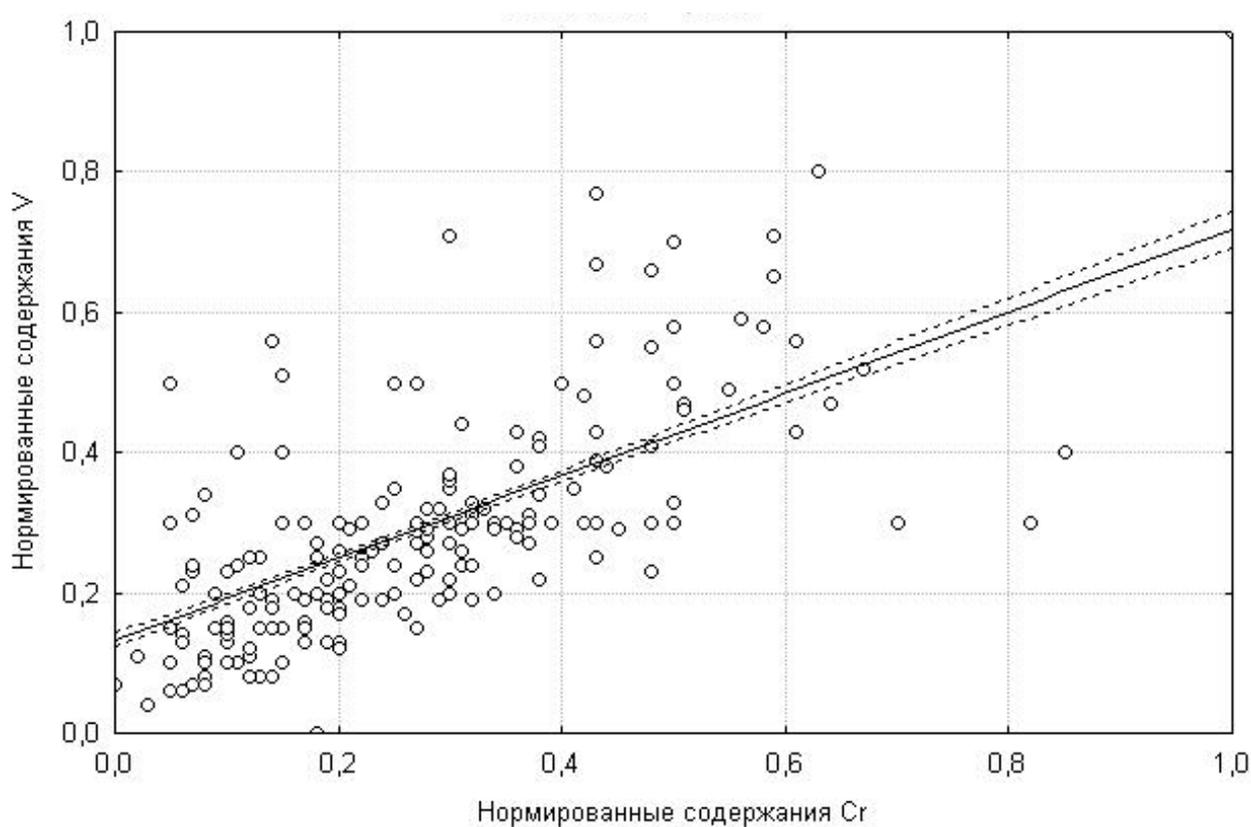


Рис.1. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями V и Sr в основных угольных пластах Донецко-Макеевского района.

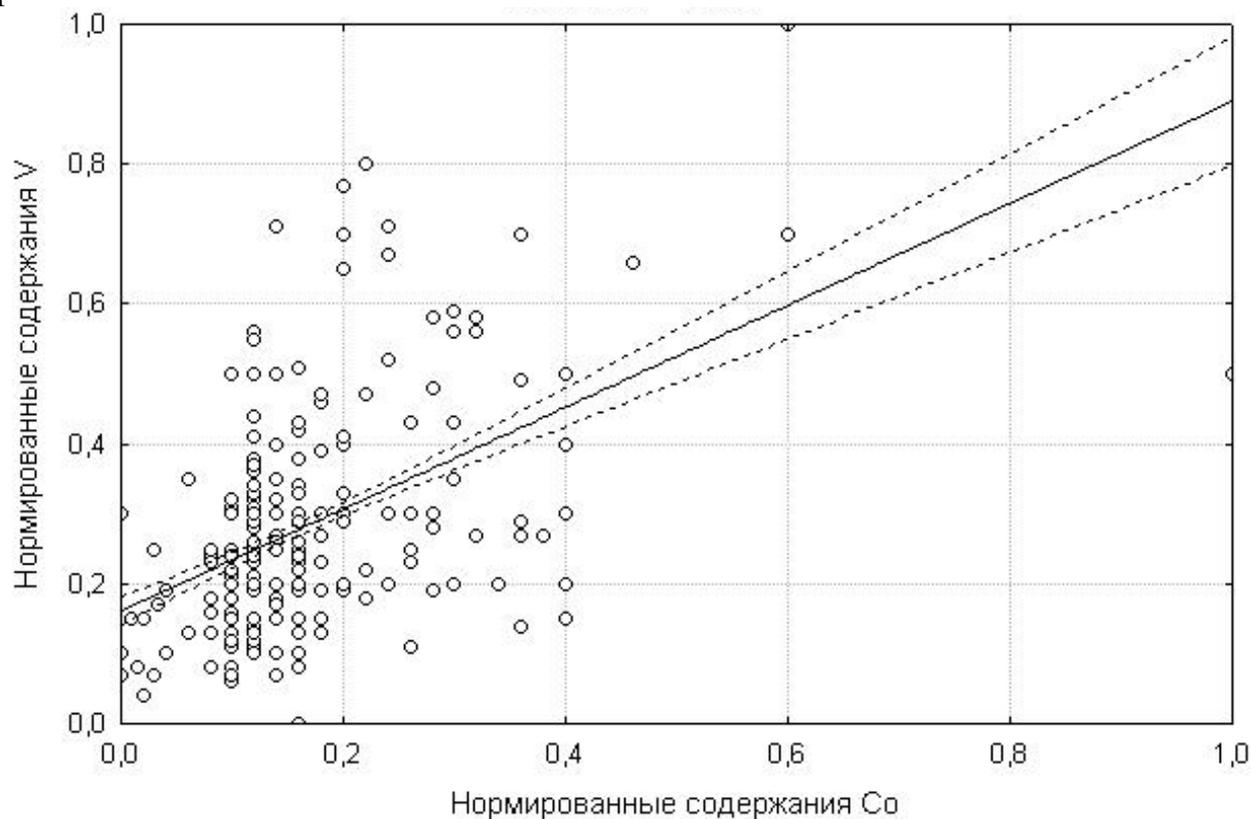


Рис.2. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями V и Co в основных угольных пластах Донецко-Макеевского района.

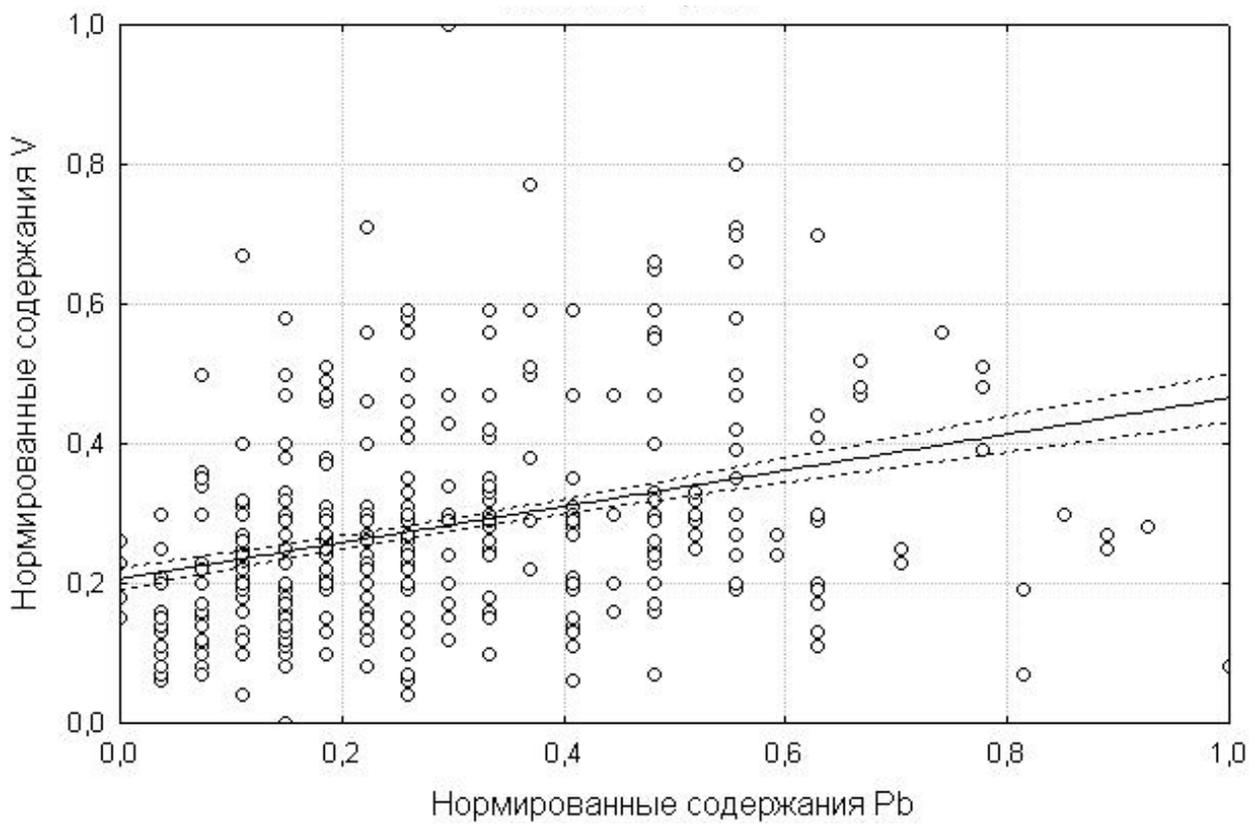


Рис.3. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями V и Pb в основных угольных пластах Донецко-Макеевского района.

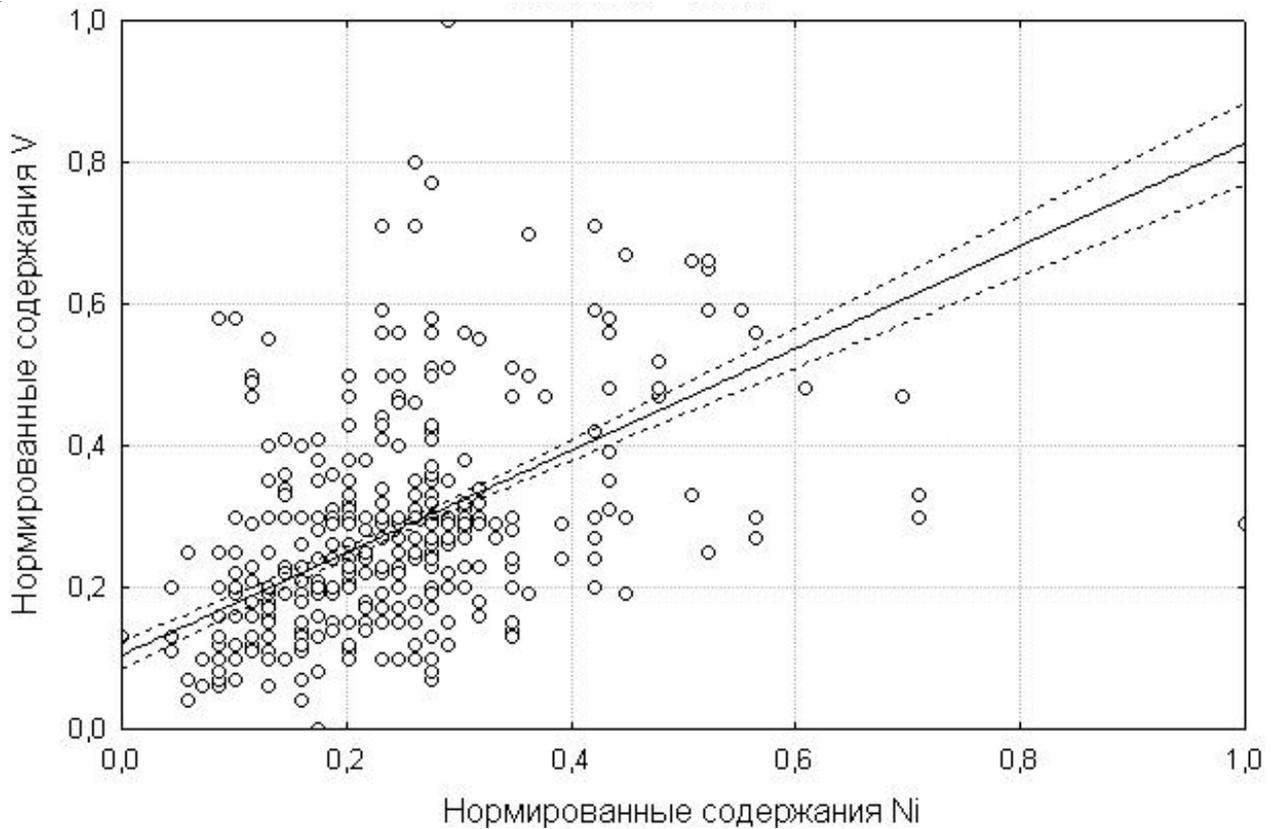


Рис.4. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями V и Ni в основных угольных пластах Донецко-Макеевского района.

3). Наличие геохимической ассоциации никеля с ванадием (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,56, график регрессии на рис. 10), с хромом (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,56, график регрессии на рис. 11), с кобальтом (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,44, график регрессии на рис. 12), со свинцом (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,56, график регрессии на рис. 13), линейные уравнения регрессии:

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

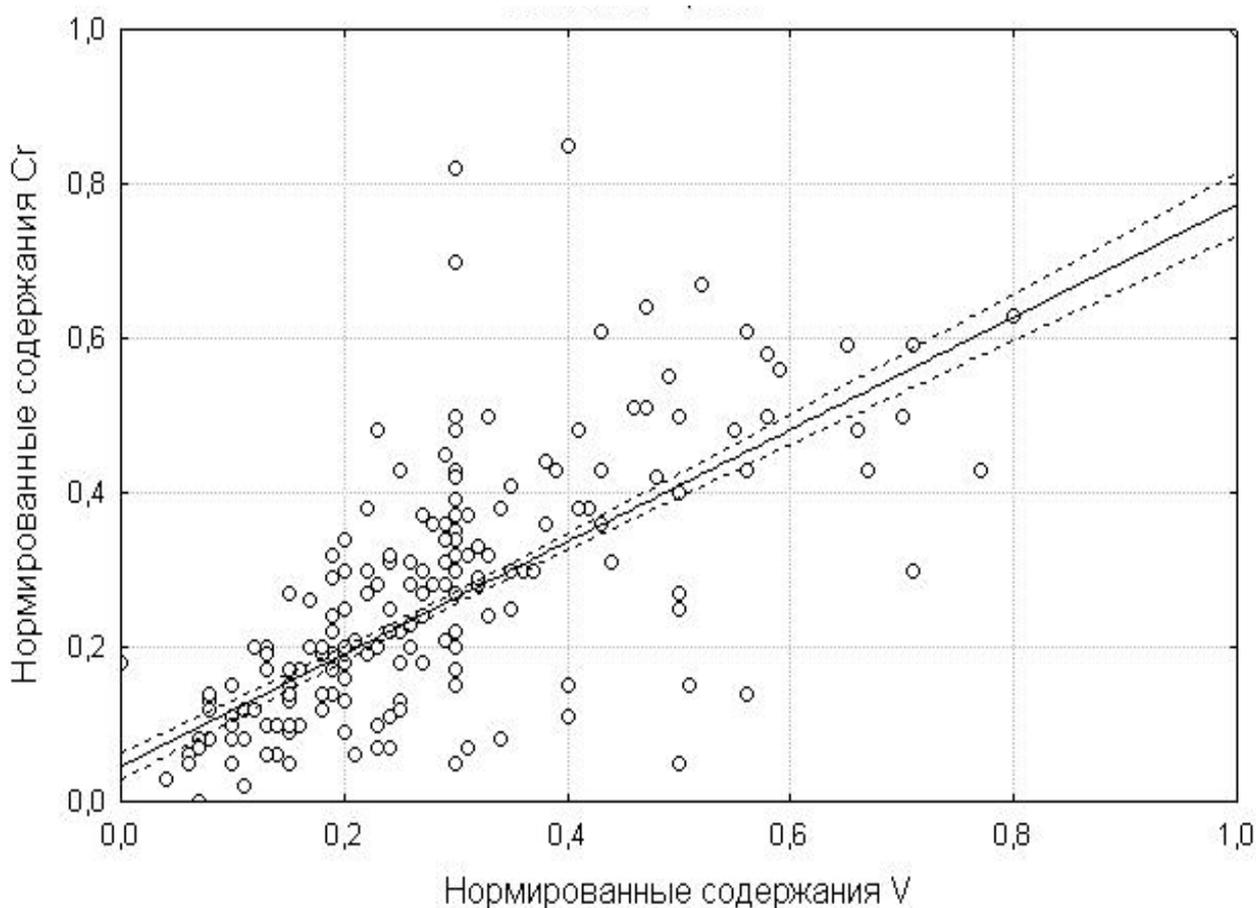


Рис.5. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями Cr и V в основных угольных пластах Донецко-Макеевского района.

4). Наличие в углях района статистически значимой связи концентраций ванадия с зольностью (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,44, график регрессии на рис. 14), хрома с зольностью (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,71, график регрессии на рис. 15), никеля с зольностью (значимый коэффициент корреляции Пирсона 0,61, график регрессии на рис. 16), линейные уравнения регрессии:

$$\begin{aligned} V &= 0,19 + 0,386 \cdot Ad, & Cr &= 0,109 + 0,537 \cdot Ad, \\ Ni &= 0,097 + 0,43 \cdot Ad. \end{aligned}$$

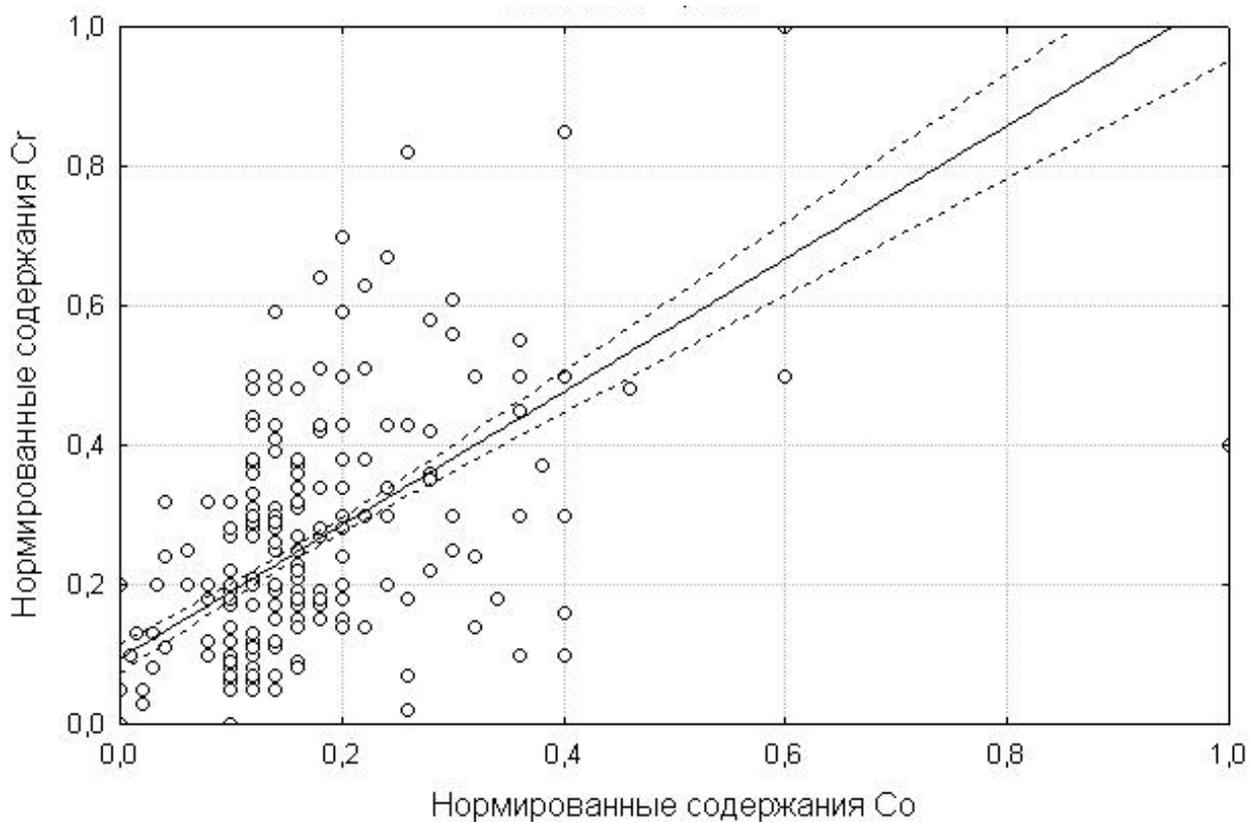


Рис.6. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями St и Co в основных угольных пластах Донецко-Макеевского района.

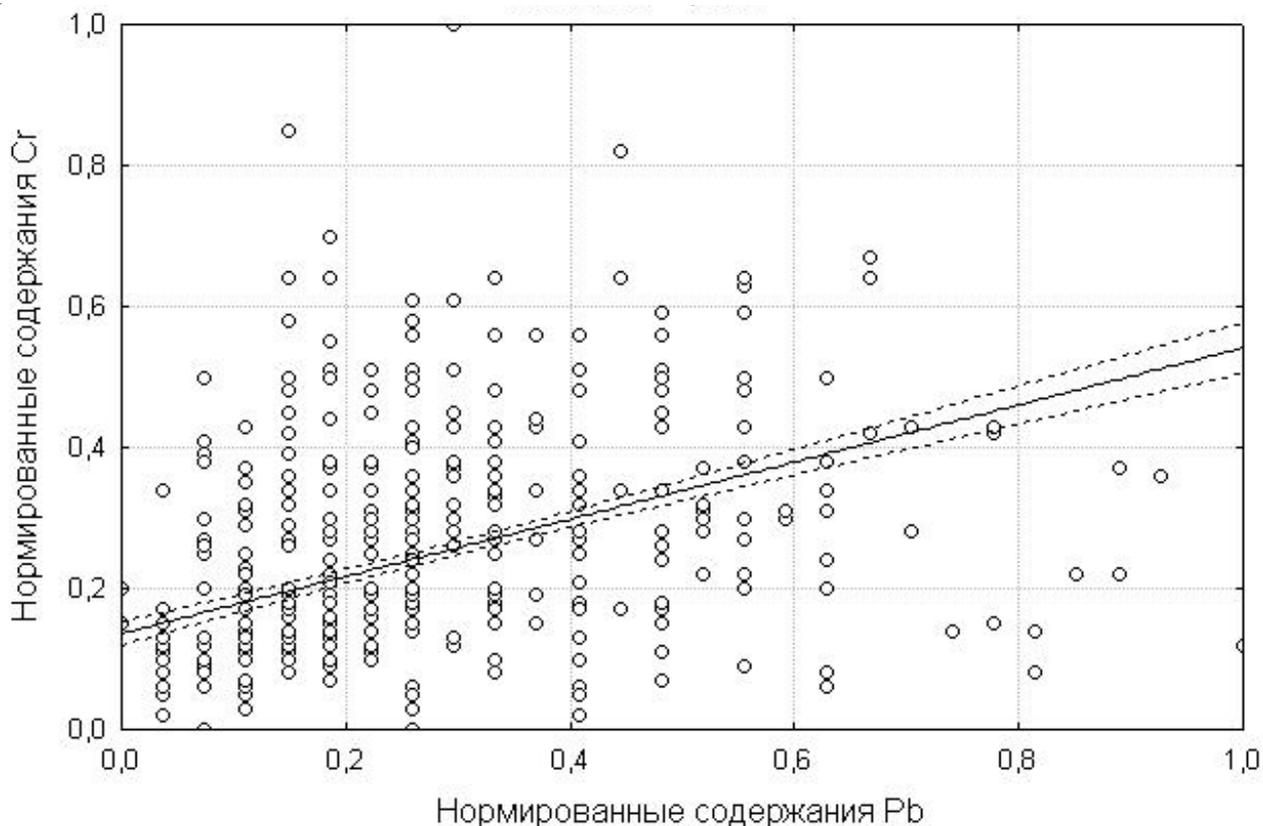


Рис.7. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями St и Pb в основных угольных пластах Донецко-Макеевского района.

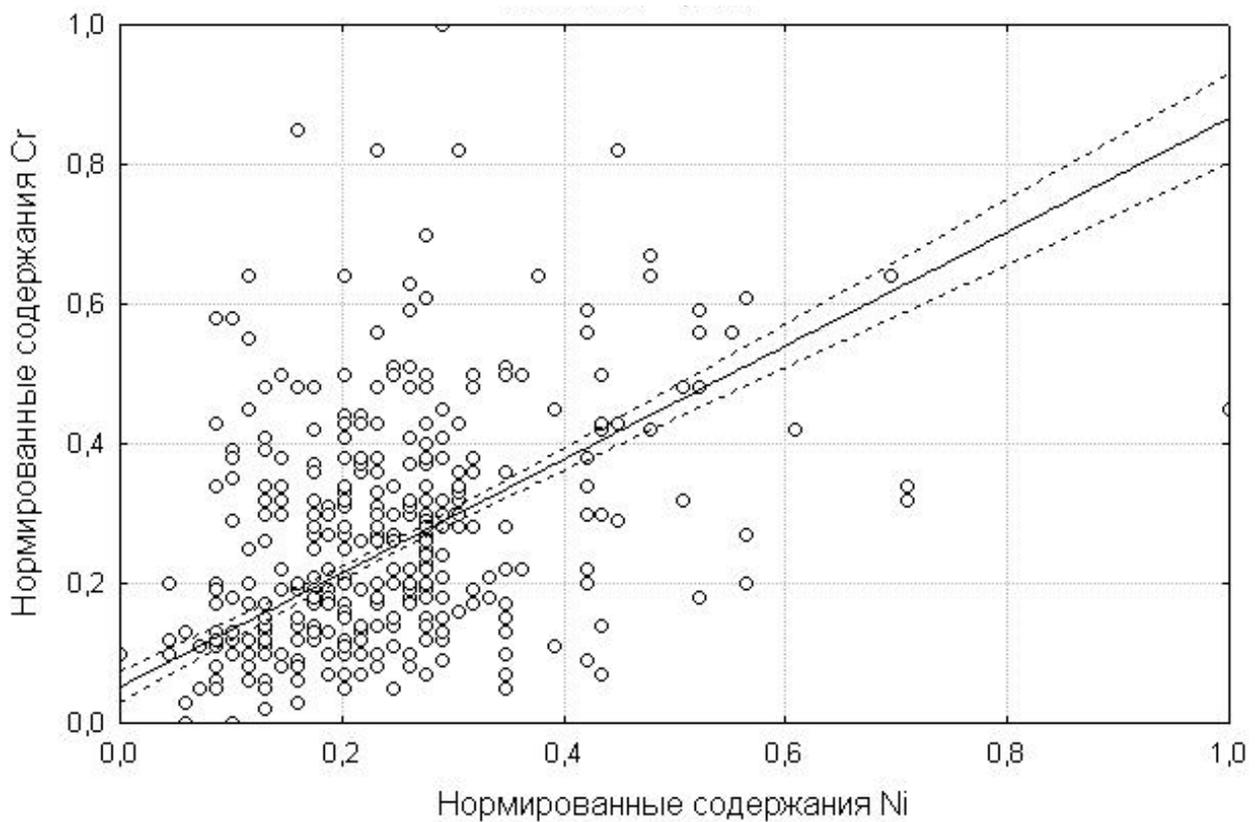


Рис.8. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями Sg и Ni в основных угольных пластах Донецко-Макеевского района.

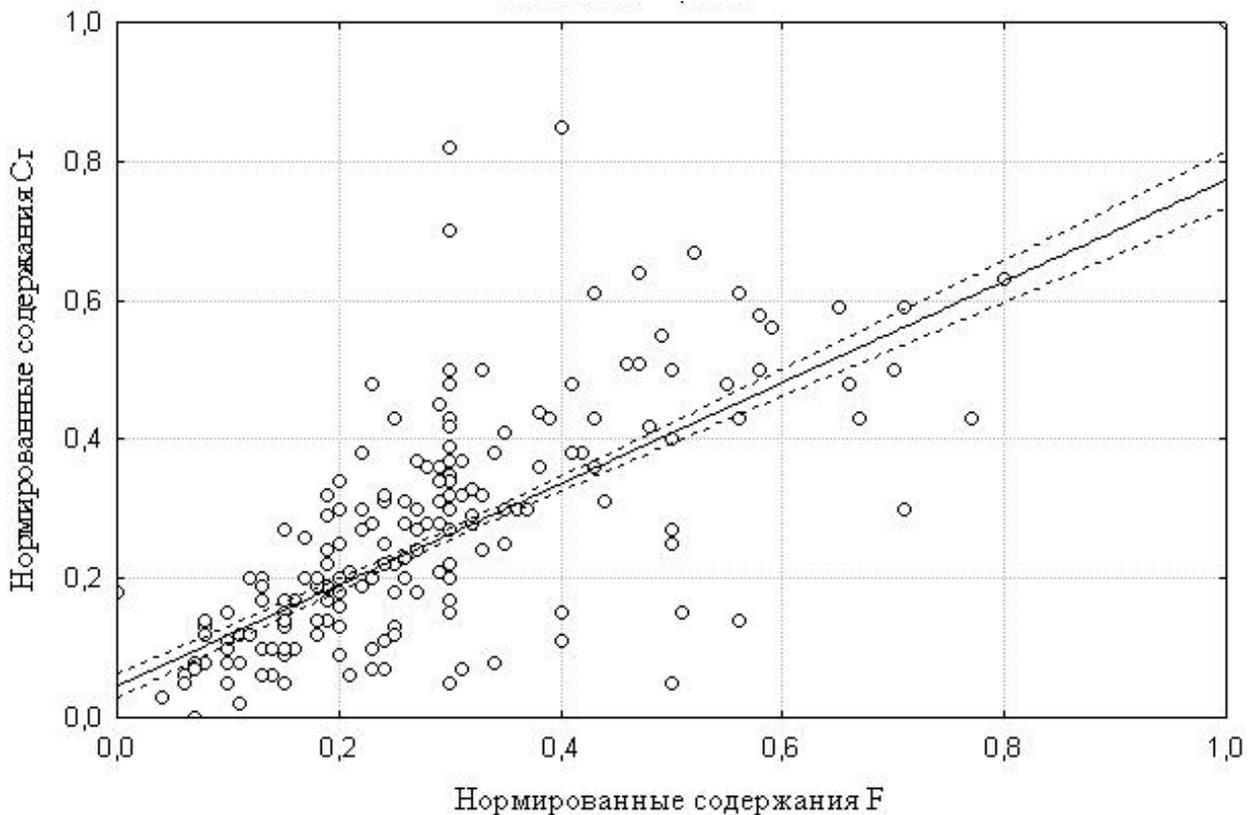


Рис.9. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями Sg и F в основных угольных пластах Донецко-Макеевского района.

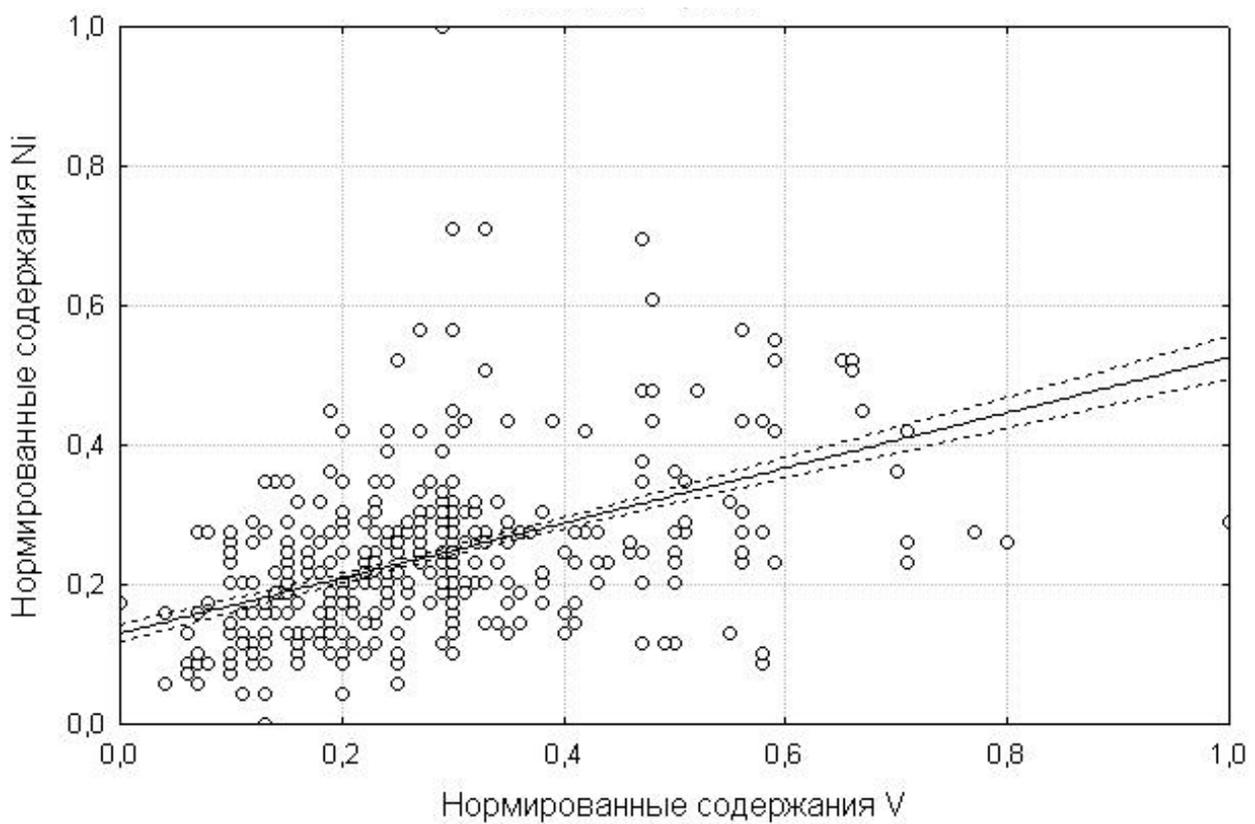


Рис.10. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями Ni и V в основных угольных пластах Донецко-Макеевского района.

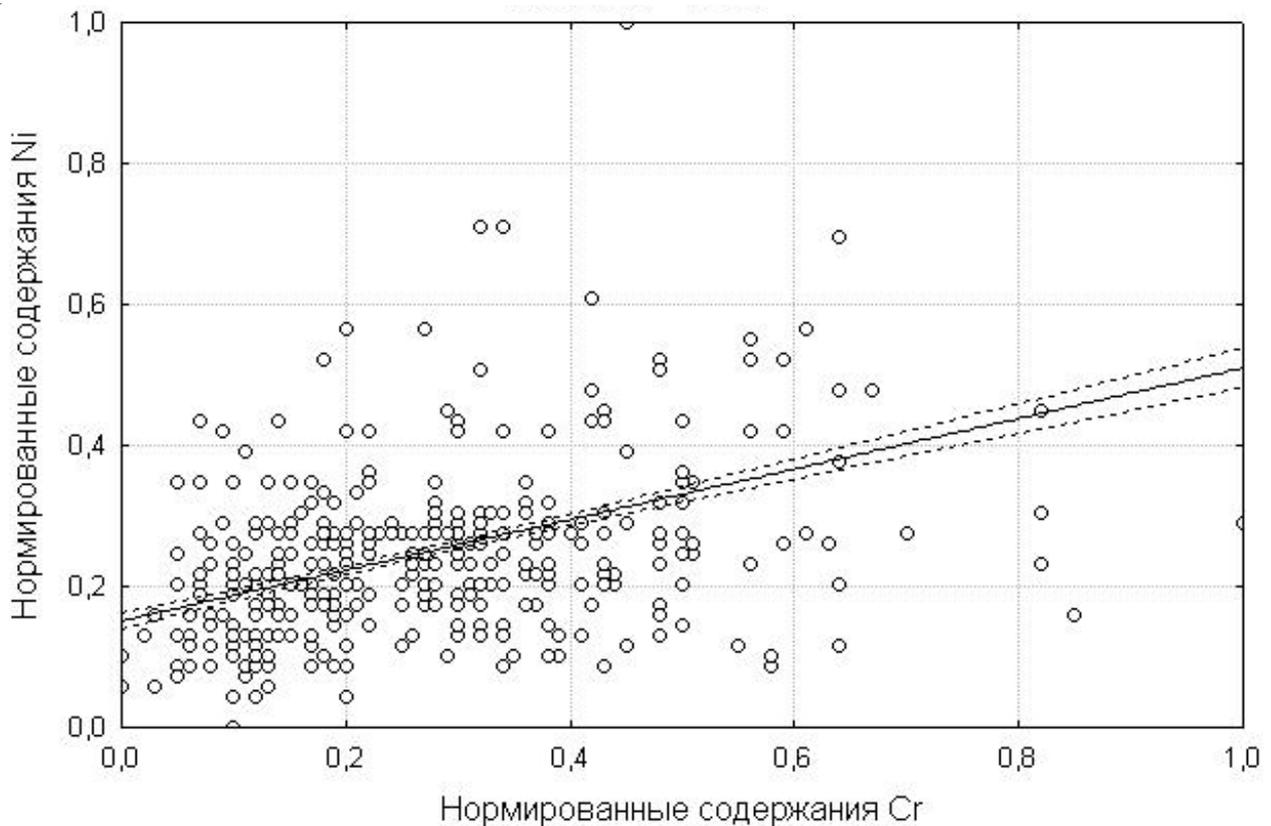


Рис.11. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями Ni и Cr в основных угольных пластах Донецко-Макеевского района.

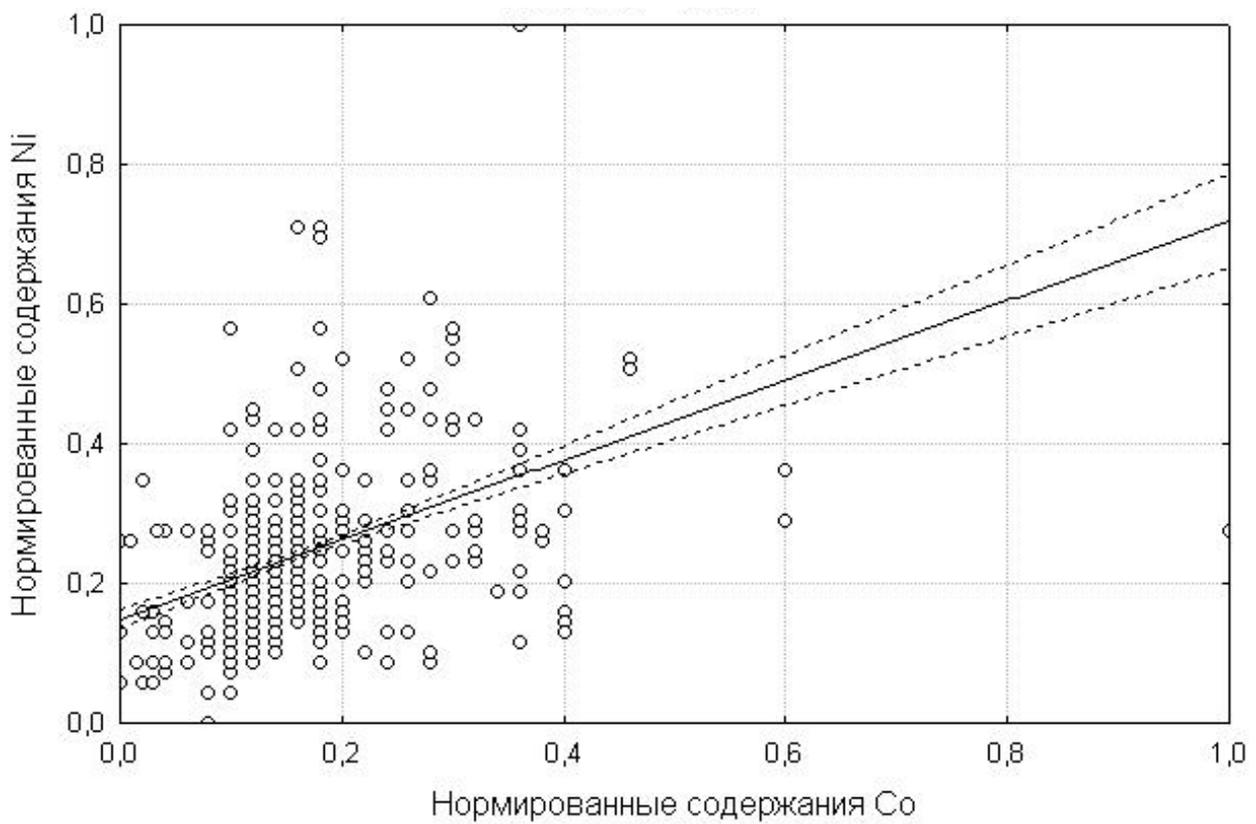


Рис.12. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями Ni и Co в основных угольных пластах Донецко-Макеевского района.

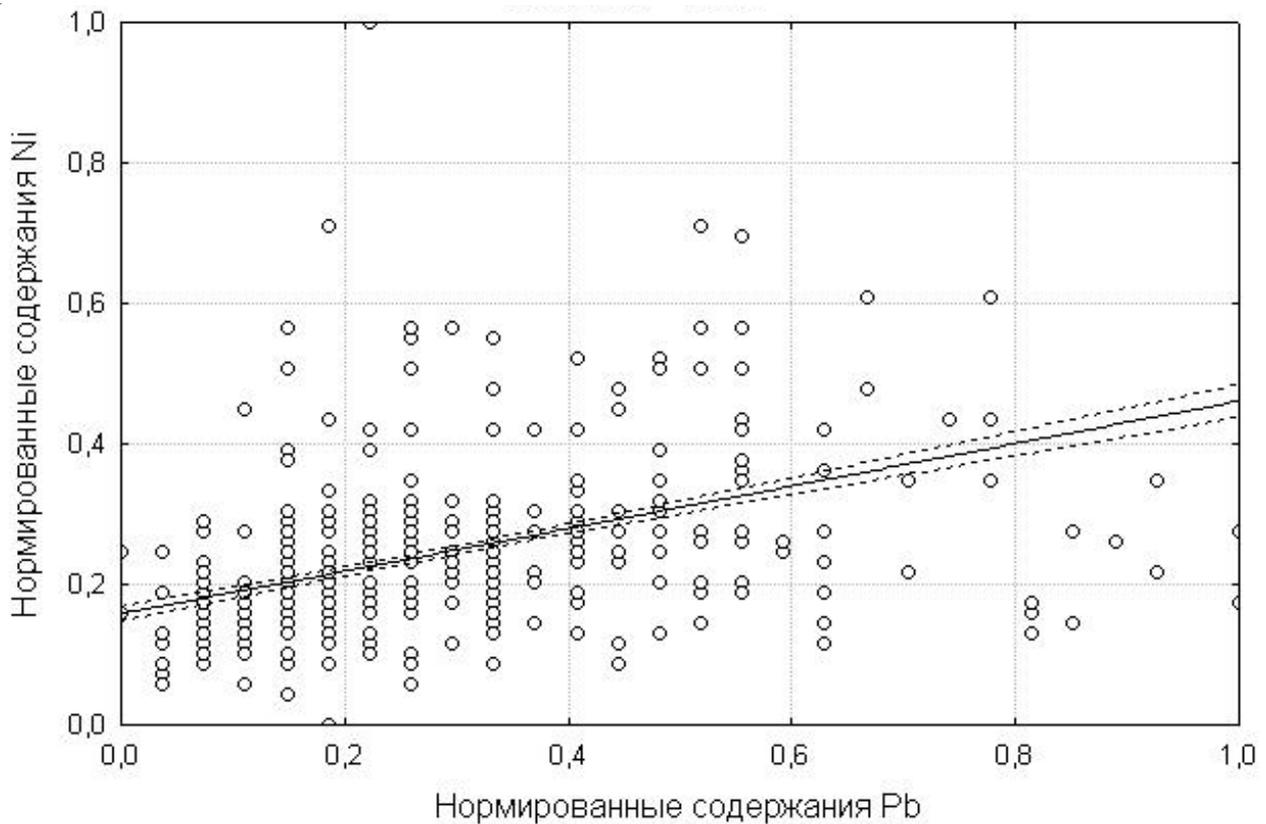


Рис.13. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями Ni и Pb в основных угольных пластах Донецко-Макеевского района.

5). В целом по району во всех исследованных пластах наблюдается незначительное увеличение концентрации рассматриваемых элементов 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 наблюдается в менее мощной пачке. Так, 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 верхняя маломощная пачка, а юго-восточной – ванадий, хром и никель концентрируются в нижней пачке имеющей меньшую мощность.

6). Установлено статистически значимое существенное увеличение концентраций ванадия, 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.).

7). Наблюдается резкое увеличение содержаний рассматриваемых элементов в угле пластов на участках наличия в их верхней части прослоя сапропелита (например, пласт m_3 поле шахты «Ясиновская Глубокая» и др.).

8). По разрезу пластов, как правило, концентрации ванадия, хрома и никеля в угле возрастают в контактовых зонах, вблизи кровли, почвы и внутрипластовых прослоев, особенно ярко это проявляется в верхней, прикровельной части и на границах с внутрипластовыми прослоями.

9) В целом по району в исследованных пластах статистически значимой связи ванадия, 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 .

10). На отдельных участках исследованных пластов (с использованием метода Червякова В.А. [9] выявлена значимая положительная корреляционная связь концентраций ванадия, хрома и никеля с содержанием гелифицированных микрокомпонентов (пласты 2 и 3 кластеров).

11). Усложнение строения пласта сопровождается повышением содержания всех рассматриваемых элементов. На участках пластов непосредственно примыкающих к внутриформационным размывам наблюдается значительное статистически значимое уменьшение содержания ванадия и в меньшей степени, хрома и никеля.

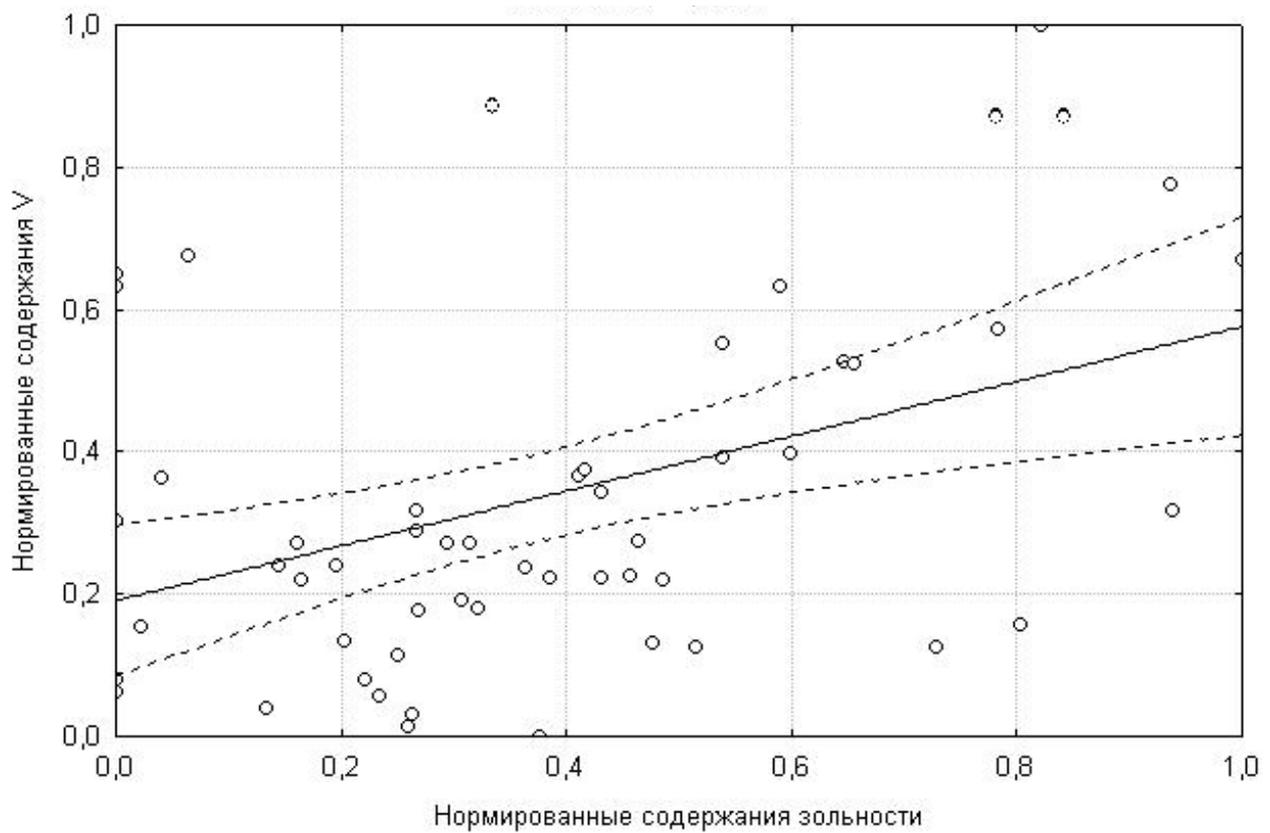


Рис.14. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями V и зольностью угля в исследованных пластах Донецко-Макеевского района.

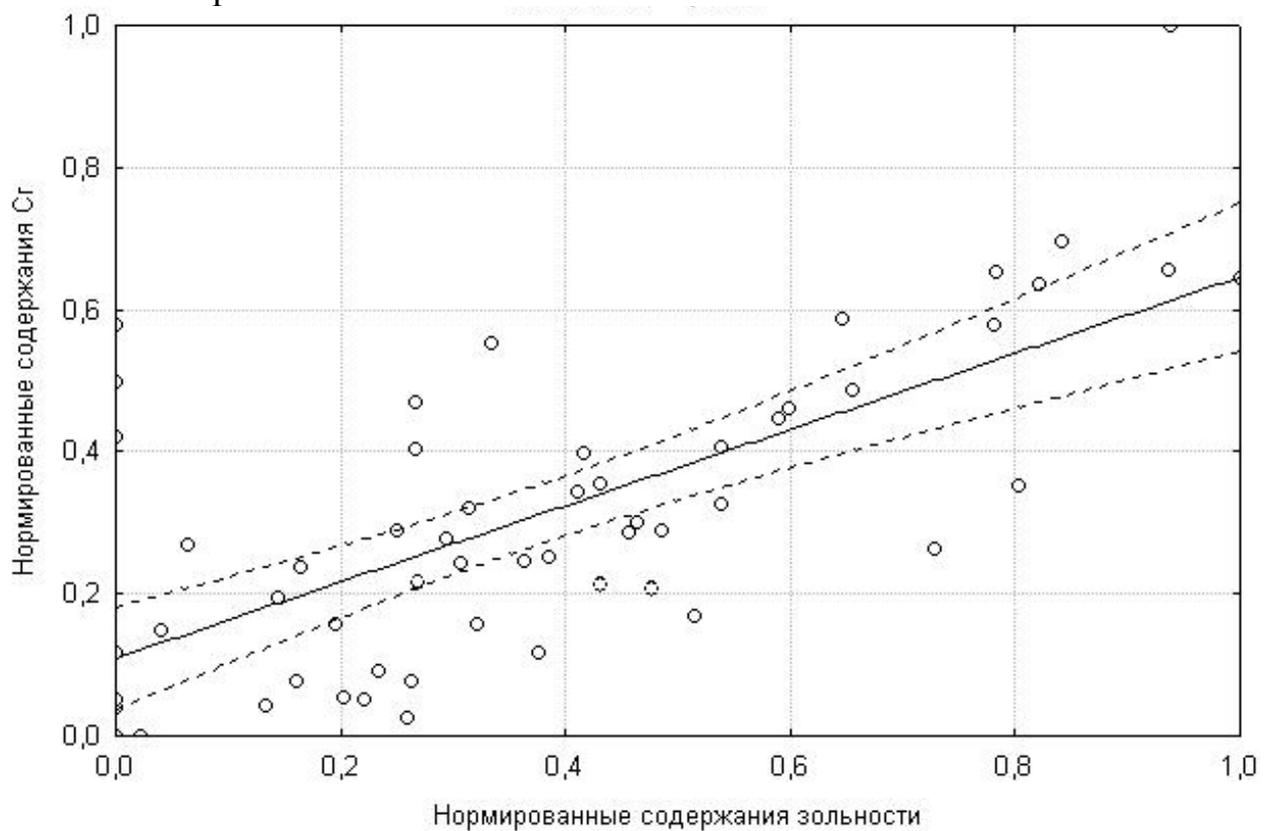


Рис.15. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями Sg и зольностью угля в исследованных пластах Донецко-Макеевского района.

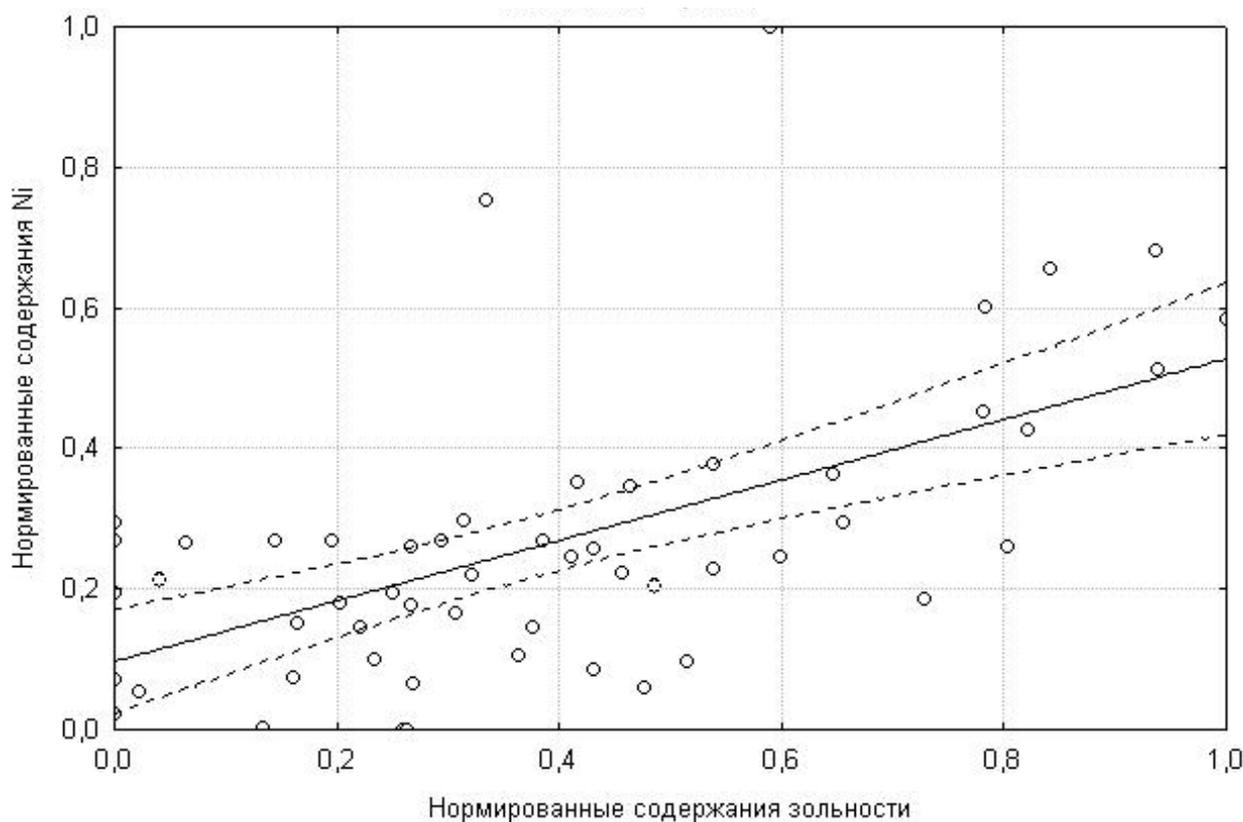


Рис.16. Линия регрессии между средневзвешенными нормированными концентрациями Ni и зольностью угля в исследованных пластах Донецко-Макеевского района.

Выводы:

1. Выборочные средние концентрации ванадия в углях пластов по свитам составляют: $C_2^2 - 6,3$ г/т, $C_2^3 - 38,1$ г/т, $C_2^4 - 36,7$ г/т, $C_2^5 - 34,3$ г/т, $C_2^6 - 37,7$ г/т, $C_2^7 - 32,7$ г/т, $C_3^1 - 122,4$ г/т, а в целом по району – 42,9 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 ванадия, хрома и никеля в ближайших по стратиграфическому разрезу угольных пластах в процессе угленакопления и эпигенетических преобразований угленосной толщи испытывали значительные вариации (исключение составляют группы пластов: $h_2 - h_2^1$; $h_8 - h_{10}^H$; $m_5 - m_5^1$; $m_5^1 - m_7$).

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 ванадия, хрома и никеля с зольностью позволяет прогнозировать снижение концентрации этих элементов 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.

5. Для углей района типоморфной является геохимическая ассоциация ванадия с хромом, кобальтом и никелем. Совместное накопление элементов «ванадиевой» ассоциации обусловлено битуминозным характером сорбента. Нейтральная и щелочная среда палеобассейна торфонакопления способствует поглощению этих элементов фенольными производными лигнина, а кислая, является неблагоприятной для этого процесса.

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 причин и 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. Листова Л.П., Бондаренко Г.П. Осаждение и дифференциация меди, свинца и цинка в условиях зоны осадкообразования. – М.: Наука, 1978. – 99с.
6. Гавришин А.И. Оценка и контроль качества геохимической информации. -М.: Недра, 1980. – 287с.
7. Беус А.А. Геохимия литосферы. – М.: Недра, 1981. – 335с.
8. Боровиков В.П.. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов. – СПб. Питер, 2001. – 658 с.
9. 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 14.10.10*