

СОВРЕМЕННОЕ ТЕХНОГЕННОЕ МИНЕРАЛООБРАЗОВАНИЕ В АЛЛЮВИИ РЕК КИЗЕЛОВСКОГО УГОЛЬНОГО БАСЕЙНА

S. M. Blinov, N. G. Maximovich, E. A. Menshikova

MODERN TECHNOGENIC FORMATION OF MINERALS IN ALLUVIUM OF THE RIVERS OF THE KIZEL COAL BASIN

The processes developing after liquidation of mines in the Kizel coal basin were studied. During the 1990-th years the mine were liquidated. However, ecological problems have remained. Now, they are connected to spontaneous receipt of mine waters on surface. Our results of researching of modern mineral structure alluvium for 19 rivers are represented, in which the dump of mine waters is carried out. In comparison with background sites, alluvium has a significant quantity of secondary minerals and particles technogenic origin. In researched territory there is a formation new technogenic-alluvium such as deposits.

Введение

Современные аллювиальные отложения как один из компонентов верхней части разреза литосферы являются традиционным объектом исследования геологических наук и важным элементом эколого-геологической обстановки. Аллювиальные отложения интегрируют геохимические и минеральные особенности водосборных территорий. Их состав позволяет выявить потоки миграции вещества и зоны техногенного влияния, и таким образом, выступает показателем степени техногенного воздействия на водные объекты.

В августе 2001 г. Естественнаучным институтом при Пермском университете проведены исследования влияния последствий угледобычи на современное состояние донных отложений рек Кизеловского угольного бассейна. В данной работе рассмотрены результаты минералогических исследований.

В настоящее время добыча угля, которая осуществлялась в Кизеловском бассейне более 200 лет, прекращена. На 14 шахтах, находящихся в эксплуатации в последние годы выполняются ликвидационные работы. Прекращение горнодобывающей деятельности и затопление шахт не решило экологических проблем. Основными факторами загрязнения окружающей среды являются самоизлив кислых шахтных вод и стоки породных отвалов и промплощадок. В современных условиях отдельные реки-приемники шахтных вод загрязняются более интенсивно и на большем протяжении, чем при работе угольных шахт.

Объекты и методы исследований

Отбор проб донных отложений проведен для р. Вильвы и р. Усьвы, относящихся к бассейну р. Чусовой, р. Кизел и р. Вильвы (бассейн р. Яйвы), р. Косьвы, а также их притоков, в которые осуществляется или когда-либо осуществлялся сброс шахтных вод (рис.).

Схема отбора проб спланирована с учетом «фонового» подхода. За условный фон принимались участки рек, расположенные выше по течению источника техногенного воздействия, в идеальных случаях — на участках за пределами территории влияния разработки месторождения.

Учитывая зависимость химического и минерального состава донных отложений рек от гранулометрических показателей, в каждом пункте проводился отбор проб илисто-глинистых осадков и донных наносов, представленных песчаными и песчано-гравийными отложениями.

Минеральный состав песчаных и песчано-гравийных отложений охарактеризован на основе оптического анализа фракции размером 0.25-0.1 мм как наиболее представительной по минеральному разнообразию. В составе песчаных и песчано-гравийных отложений отмечено также присутствие частиц искусственного происхождения, обусловленных особенностями техногенного воздействия. Процентное содержание естественных и искусственных зерен определялось методом, применяемым для количественного минералогического анализа (в дорожке из 500 зерен).

Оценка минерального состава алеврито-глинистых отложений проведена с помощью рентгеноструктурного анализа. В виду того, что в техногенных осадках рек Кизеловского бассейна в значительных количествах содержатся рентгеноаморфные вещества (РАВ), для ряда проб был проведен термический анализ.

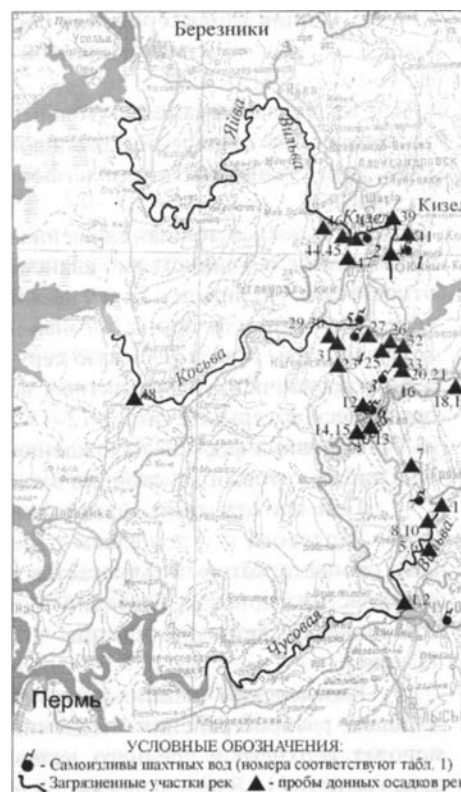


Рис. Схема опробования аллювия в Кизеловском угольном бассейне. Масштаб 1:1000000.

Блинов С. М., Максимович Н.Г., Меньшикова Е. А. Современное техногенное минералообразование в аллювии рек Кизеловского угольного бассейна // Минералогия техногенеза – 2003. – Миасс, 2003. – С.20-38.

Общая характеристика бассейна и особенностей экологической ситуации

Кизеловский каменноугольный бассейн площадью 200 км² в геологическом отношении расположен в пределах Западно-Уральской зоны складчатости, прилегающей к Предуральскому краевому прогибу.

Угленосная толща, сложенная песчаниками, алевролитами, аргиллитами и глинистыми сланцами с прослоями известняков, относится к визейскому ярусу нижнего карбона. Все литологические разновидности пород угольной толщи включают тонкодисперсный пирит и органическую серу, что играет важнейшую роль в формировании кислых шахтных вод. Содержание сульфидной и органической серы достигает 12-15 %, при среднем уровне 5-8 % [6, 7]. Основной формой нахождения серы является тонкодисперсный пирит, который неустойчив в окислительных условиях.

При прохождении горных выработок происходит поступление кислорода к угленосным породам и развитие сернокислотного процесса, который выражается в окислении сульфидов железа при участии тионовых бактерий с образованием серной кислоты. Эти процессы детально описаны многими исследователями [2, 8, 11 и др.].

Кизеловский каменноугольный бассейн расположен на площади распространения подземных вод зон трещиноватости в породах верхнего и среднего палеозоя Западно-Уральской зоны складчатости [1]. Здесь выделяются подземные воды четвертичных отложений, подземные воды трещинно-карстового и трещинно-пластового типов [9]. Разрабатываемая угленосная толща расположена между водоносными комплексами трещинно-карстовых вод карбонатных отложений, что обусловило высокую обводненность угольных шахт.

Шахты Кизеловского бассейна в период эксплуатации были одними из самых обводненных в стране. В период работы бассейна воду из шахт приходилось постоянно откачивать на поверхность и сбрасывать в реки. Средний суммарный водоприток в шахты в период их работы составлял 12-14 тыс. м³/час. Главную роль в формировании шахтных водопритоков играли карстовые воды визейского водоносного комплекса, которые поступали в горные выработки по техногенным трещинам, из зон крупных тектонических нарушений, по выработкам, вскрывшим водоносные горизонты.

В результате рассмотренных минералогических и гидрогеологических особенностей в горных выработках формировалось значительное количество кислых шахтных вод (рН 2.5-3), характеризующихся высокой минерализацией, значительным содержанием сульфат-иона, железа (основной формой было Fe³⁺), алюминия, микроэлементов — Mn, Co, Ni, Li, Pb, Zn и др. Наибольшей загрязненностью характеризовались шахтные воды, откачиваемые из шахт расположенных в Губахинском и Кизеловском районах: минерализация вод достигала 4.4-11.1 г/л, содержание (г/л) железа общего — 0.9-2.5; сульфат-иона — 3.0-7.8; алюминия — 0.1-0.4.

Ликвидация шахт, в связи с их нерентабельностью в период 1990-х гг., не решила экологических проблем. Откачка шахтных вод на поверхность была прекращена. После восстановления в течение нескольких лет уровня подземных вод сформировался самопроизвольный излив шахтных вод на поверхность, который сейчас наблюдается на 12 участках. Суммарный расход шахтных вод в настоящее время составляет около 2.5 тыс. м³/час, что в несколько раз меньше, чем в период работы бассейна. Произошло изменение их химического состава: увеличилась минерализация до 25 и более г/л, резко возросла концентрация двухвалентного железа до 5 г/л (табл. 1).

В современных условиях самоизлив кислых шахтных вод на поверхность является главной экологической проблемой региона. Шахтные воды поступают в 19 рек, 15 из которых выведены из водопользования [12]. При смешении шахтных вод с речными водами и увеличении водородного показателя наблюдается интенсивное техногенное минералообразование. В основном эти процессы связаны с формированием на щелочном геохимическом барьере техногенного осадка на участках сброса шахтных вод. Масштабы процесса таковы, что ежечасно в реках находящихся в зоне влияния разработки Кизеловского угольного бассейна образуется более 3 тонн техногенных отложений, представленных преимущественно рентгеноаморфными гидроксидами железа.

Изменение химического состава шахтных вод после затопления шахт в сторону роста минерализации и содержания двухвалентного железа привело к значительному увеличению протяженности загрязненных участков рек даже в сравнении с периодом активной работы бассейна. Это связано с тем, что двухвалентное железо дольше, чем трехвалентное преобразуется в осадок.

Современное техногенное минералообразование идет также и на участках выхода шахтных вод на поверхность. При меньшем количестве образующегося здесь вещества отмечено значительное минеральное и морфологическое разнообразие [10].

Другой серьезной экологической проблемой Кизеловского угольного бассейна являются горелые и не горелые породные отвалы угольных шахт и углеобогащения. В настоящее время в регионе имеются 53 отвала, которые занимают площадь 270 га.

Извлеченные из земных недр твердые отходы угледобычи химически неустойчивы в условиях земной поверхности. В результате физического выветривания, окисления, растворения, гидролиза, гидратации и др. процессов возникают растворимые и нерастворимые продукты, влияющие на окружающую среду.

В породных отвалах Кизеловского бассейна предыдущими исследованиями обнаружено более 60 минералов [3]. Полученные данные указывают на процессы минералообразования, протекающие в отвалах. Основная часть аутигенных минералов представлена неустойчивыми и хорошо растворимыми сульфатами железа, алюминия, кальция. Именно присутствие неустойчивых серосодержащих соединений среди первичных и вторичных минералов отвалов обуславливает их высокую химическую активность.

Химический состав основных самоизливов шахтных вод Кизеловского угольного бассейна (август, 2001 г.), мг/дм³

№	Место отбора	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^+ + K^+$	NH_4^+	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Al^{3+}	Минерализация	pH
в бассейн р. Яйвы												
1	Самоизлив шах. «Белый Спой»	1152.74	19.50	80.16	12.15	87.13	1.51	279.25	5.59	46.40	1684.65	3.65
2	Самоизлив шах. «им.Ленина»	16810.78	55.66	601.20	546.86	183.69	18.00	5054.40	22.34	766.23	24059.33	3.78
в бассейн р. Косьвы												
3	Самоизлив шах. «им. 40 лет Октября»	566.76	19.50	40.08	12.15	94.26	н.о.	н.о.	69.81	3.23	806.94	2.94
4	Самоизлив шах. «им. 1 мая»	922.19	15.24	50.10	18.23	44.60	0.74	29.32	153.29	26.98	1262.07	2.86
5	Самоизлив шах. «им.Калинина»	13256.50	36.16	501.00	306.85	1379.62	12.30	4216.70	265.30	-	19975.28	3.07
в бассейн р. Чусовой												
6	Самоизлив в р.Усьву	883.77	13.83	60.12	12.15	76.56	0.74	72.60	64.22	39.39	1224.38	3.00
7	Самоизлив в р.Б.Гремячую	6244.00	22.34	300.60	182.29	450.60	1.43	1619.70	69.81	167.28	9058.65	3.22

Примечания:

н.о. – анализом не обнаружено

HCO_3^- CO_3^{2-} NO_3^- NO_2^- - анализом не обнаружено

- анализ не проводился

Стоки отвалов, формирующиеся за счет инфильтрации атмосферных осадков, разгрузки подземных вод, перекрытых породами отвалов, имеют минерализацию до 50 г/л и более. Водородный показатель имеет значения 1-3; значительны концентрации сульфат-иона, железа, алюминия, тяжелых металлов (табл. 2). Стоки отвалов вблизи них могут образовывать лужи и даже небольшие водоемы. Большая их часть поступает в реки Кизеловского бассейна и подземные воды.

Складирование породных отвалов и отходов переработки угля по берегам рек приводит к их размыванию, особенно в паводковый период, перемещению материала в речное русло и его дальнейшей миграции в водном потоке на значительные расстояния. Рассмотренные процессы приводят к изменению химического и минерального состава донных отложений. Шлейфы разноса техногенных продуктов угледобычи и углеобогащения включаются в общие циклы миграции и аккумуляции вещества в речном потоке.

Таблица 2

Химический состав стоков некоторых отвалов шахт Кизеловского угольного бассейна (летняя межень), мг/дм³

Место отбора	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Na^+ + K^+$	NH_4^+	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Al^{3+}	Минерализация	pH
водосборная площадь р. Яйвы											
Отвал шахты «Ключевская»	2065	117	160	60	498	1	217	40	-	3160	2.77
водосборная площадь р. Косьвы											
Отвал углеобогащения Губахинского коксохимического завода	35543	34	400	486	1124	20	9913	1536	155	50632	1.68
Отвал шахты «Шумихинская»	26897	51	401	243	330	10	0.2	6786	944	35700	1.43
Отвал шахты «им. 40 лет Октября»	8570	96	301	243	521	3	70	1466	335	11609	2.31
водосборная площадь р. Чусовой											
Отвал шахты «Западная»	7684	24	421	231	518	0.3	1	363	677	9923	2.47

Примечания:

HCO_3^- CO_3^{2-} NO_3^- NO_2^- - анализом не обнаружено;

- анализ не проводился.

Результаты исследований

Анализ публикаций последних лет показывает, что при исследовании донных отложений рек, подверженных техногенному воздействию, основное внимание уделяется содержанию тяжелых металлов и др. микроэлементов, присутствующих в мелкоразмерной (алеврито-глинистой) фракции аллювия. Не умаляя значимости проводимых исследований, хочется отметить важность изучения в данных условиях и минеральной формы нахождения элементов, детальный анализ которой может стать основой прогноза изменения состава донных отложений и речных вод во времени.

Кроме того, практически не изучается распространение в составе аллювия твердых техногенных продуктов, представленных шлаками, золой, обломками строительных материалов и др., а в горнодобывающих районах к таковым можно отнести и обломки пород и минералов. Содержания указанных образований согласно данным исследования рек на территории промышленных центров Уральского региона может достигать 30 %. Процент техногенного материала в составе современных аллювиальных отложений рек Кизеловского угольного бассейна может составлять 90 % (отмечено в песках прирусловой отмели р. Косьвы на территории г. Губахи) [4, 5].

Таким образом, аллювиальные отложения рек в зонах интенсивного техногенного воздействия можно рассматривать как сложное природно-техногенное образование, объединяющее в себе природные и техногенные особенности территории речного бассейна: компоненты пород питающих терригенно-минералогических провинций и отходы хозяйственной деятельности.

Бассейн р. Яйвы. Основными источниками загрязнения рек бассейна являются самоизливы шахт, расположенных в долинах р. Кизел и его притоков, самым высокоминерализованным из которых является самоизлив шахты им. Ленина. Определенный вклад в загрязнение вносят шахтные отвалы, в большом количестве складированные на водосборной площади и по берегам рек.

Река *Северный Кизел* (правобережный приток р. Кизел) не имеет источников загрязнения связанных с угледобычей, за исключением пересекающих реку дорог, отсыпанных породами шахтных отвалов, и может рассматриваться в качестве условного фона. Алеврито-глинистые отложения реки представлены (%) кварцем (52) и полевыми шпатами (23), глинистыми минералами (9) – смектитом, каолинитом, хлоритом, иллитом и гидрослюдами. Содержание ПАВ незначительно – 10 % (табл.3).

Реки *Сухой Кизел* и *Вьяшер* являются притоками р. Кизел, в которые в период работы бассейна осуществлялся водоотлив шахтных вод. В настоящее время шахтные воды в указанные реки не поступают. Источниками техногенных продуктов являются складированные по берегам рек породы угольных отвалов. Визуально это наблюдается лишь по содержанию в грубообломочной фракции донных отложений угольно-породных частиц. В составе алеврито-глинистых отложений отмечено присутствие гетита (до 7 %) и ярозита (до 3 %), содержание ПАВ составляет 39-49 %.

Реки *Восточный Кизел*, *Полуденный Кизел* и *Кизел* являются в настоящее время приемниками шахтных вод в результате их самоизлива. Среди вторичных в алеврито-глинистых отложениях этих рек присутствуют (%): гетит – до 15, ярозит – до 4, лепидокрокит – до 3 (табл. 3). Отмечено высокое содержание ПАВ – 68-91 % . Отложения имеют ярко оранжевый и ржавый цвет, накапливаются на плесовых участках, а на перекатах покрывают ржавым налетом грубообломочные отложения.

Согласно данным термического анализа исследованных проб, на территории Кизеловского бассейна осадки ярко-рыжего и ржавого цвета в большей степени (65 % от суммарного содержания) образованы ферригидритом – $\text{FeO}(\text{OH})$, в меньшей «протогидрогетитом» – $\alpha\text{-FeOOH}\cdot n\text{H}_2\text{O}$, в котором намечаются кристаллизационные связи, и «протолепидокрокитом» – $\gamma\text{-FeOOH}\cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

В устье р. Кизел в составе песков прирусловой отмели естественная минеральная ассоциация представлена кварцем (56) и полевыми шпатами (13). Присутствуют (%): пироксены (1.3), магнетит (1.1), минералами группы эпидота (0.3). Зерна минералов покрыты рыжей «рубашкой» гидроксидов железа. Наряду с естественными минеральными зернами в значительных количествах присутствуют техногенные компоненты – угольно-породные частицы (до 22 %), шлаки (2.7 %), магнитные сферулы (0.3 %). С техногенным влиянием связано и достаточно высокое содержание в составе песков гидрогетита – до 3.5 %, которое обычно составляет для рассматриваемой территории десятые доли процента (табл. 4).

Река *Вильва* загрязнена на всем протяжении ниже впадения р. Кизел вплоть до устья. В алеврито-глинистой фракции донных отложений р. Вильвы ниже устья р. Кизел обнаружено значительное количество водных гидроксидов и гидроксилсульфатов железа и алюминия, образование которых происходило по-видимому на щелочном геохимическом барьере при смешении нейтральных и низкоминерализованных вод р. Вильвы с водами р. Кизел, насыщенными взвешенными, коллоидными и растворенными веществами. На данном участке отмечено самое широкое видовое разнообразие вторичных минералов (%): ярозит – 11; гетит – 9; лепидокрокит – 4; диаспор – 2. Содержание ПАВ составляет 55 % (табл. 3).

Бассейн р. Косьвы. Основными источниками загрязнения донных отложений рек бассейна являются (вниз по течению): р. Шумиха; самоизлив шахты 40 лет Октября в р. Ладейный Лог; самоизлив шахт им. Калинина и им. 1 Мая непосредственно в р. Косьву (рис.). Основным из них является наиболее минерализованный и водообильный самоизлив группы шахт правобережья р. Косьвы (Центральная, им. Серова, им. Урицкого), который осуществляется из старых выработок шахты им. Калинина. Его суммарный расход в летнюю межень составляет около $180 \text{ м}^3/\text{час}$, а минерализация – около 20 г/л.

Существенный вклад в изменение состава донных отложений вносят шахтные отвалы. В первую очередь это относится к р. Косьве, весь правый берег которой на территории г. Губахи отсыпан шахтными отвалами.

Минеральный состав алеврито-глинистых отложений рек исследуемой территории по данным рентгеноструктурного анализа

№ пр.	Место отбора	Естественная минеральная ассоциация*, %	Минералы, обусловленные техногенным воздействием, %	РАВ, %
Бассейн р. Яйвы				
39	р. Северный Кизел (фон)	Кварц(52)- Плаггиоклазы(23)- Глинистые минералы(9)**	-	10
47	р. Сухой Кизел, устье	Кварц(36)-Плаггиоклазы(10)-К-полевые шпаты(4)	Гетит (7)	39
43	р. Вияшер, устье	Кварц(25)-Плаггиоклазы(7)- Глинистые минералы(12)	Ярозит (3) Гетит (2)	49
41	р. Восточный Кизел, устье	Кварц(13)-Глинист. минералы (4)	Гетит (15)	68
40	р. Полуденный Кизел, устье	Кварц(15)-Глинист. минералы(3)	Лепидокрокит (3) Гетит(2)	77
44	р. Кизел, устье	Кварц(5)	Ярозит (4)	91
46	р. Вильва, 500 м ниже устья р. Кизел	Кварц(15)- Глинистые минералы (4)	Ярозит (11) Гетит (9) Лепидокрокит (4) Диаспор (2)	55
Бассейн р. Косьвы				
20	р. Шумиха, центр шламонакопителя	Кварц(15)-Глинистые минералы(31)	Пирит (3) Ярозит (1)	47
33	р. Шумиха, устье	Кварц(27)-Глинистые минералы(21)	Базальминит (8) Ярозит (1) Гетит (1)	31
16	р. Ладейный Лог (фон)	Кварц(68)-Плаггиоклазы(17)- Глинистые минералы(7)	Гетит (3)	-
25	Карстовый источник (выход р. Ладейный Лог)	Кварц(30)-Плаггиоклазы(12)- Глинистые минералы(7)	Гетит (3)	44
27	р. Губашка, устье	Кварц(36)-Плаггиоклазы(9)- Глинистые минералы(9)	Гетит (2)	39
23	р. Каменка, ст. Губаха пассажирская	Кварц(40)-Глинистые минералы(13)	Гетит (1)	35
31	р. Каменка, устье	Кварц(68)-Глинист. минералы(8)	-	17
26	р. Косьва, 1 км выше г. Ладейная	Кварц(58)-Плаггиоклазы(8)- Кальцит(5)	Гетит(<1)	22
29	р. Косьва, ж/д мост Чусовой-Соликамск	Кварц(20)-Глинистые минералы(8)-Плаггиоклазы(4)	Гетит (<1)	66
48	р. Косьва, д. Аничково	Кварц(10)	-	90
Бассейн р. Чусовой				
12	р. Рудянка, фон	Кварц(77)-Глинистые минералы(9)-Плаггиоклазы(4)	Гетит (1)	8
13	р. Рудянка, устье	Кварц(27)-Глинист. минералы(11)	Гетит (1)	58
18	р. Усьва, фон	Кварц(66)-Глинистые минералы(7)-Плаггиоклазы(5)	Гетит (1)	18
14	р. Усьва, ниже устья р. Рудянки	Кварц(15)-Глинистые минералы(12)	Гетит (1.5) Ярозит (1)	67
7	р. Б.Гремячая	Кварц(83)-Глинистые минералы(7)-Плаггиоклазы(5)	Ярозит (2) Гетит (1)	-
8	р. Б.Гремячая, место выхода шахтных вод	Кварц(34)	Ярозит (45)	15
10	р. Б.Гремячая, ниже впадения шахтных вод	Кварц(15)-Глинистые минералы(6)	Копиапит (2)	75
11	р. Вильва, фон	Кварц(70)-Плаггиоклазы(18)- Глинистые минералы(10)	Гетит (<1)	-
5	р. Вильва, а/д мост	Кварц(10)	Гетит (1)	88
1	р. Вильва, устье	Кварц(4)	Лепидокрокит (2)	90

Примечания: * В состав естественной ассоциации минералов включены минералы, содержание которых составляет не менее 4 %.

** Под термином «глинистые минералы» объединены (далее приведены по увеличению содержания в алеврито-глинистых отложениях рек исследуемой территории): каолинит, иллит и гидрослюды, смектит, хлорит;

*** РАВ – рентгеноаморфное вещество.

Минеральный состав песчаных и песчано-гравийных отложений рек исследуемой территории по данным минералогического анализа

№ п.р.	Место отбора	Естественная минеральная ассоциация*, %	Прочие минералы естественного происхождения**, %	Частицы техногенного происхождения, %
Бассейн р. Яйвы				
45	р. Кизел, устье	Кварц(56)- Полевые шпаты(13)	Эпидот (0.3); Пироксены (1.3); Магнетит (1.1); Гидрогетит (3.5)***	Угольно-породные частицы (22) Шлак (2.7) Магнит.сферулы(0.3)
Бассейн р. Косьвы				
21	р. Шумиха, центр шламонакопителя	Кварц(4)	Тальк (0.9)	Угольно-породные частицы (94.6) Шлак (0.9) Магнит. сферулы (0.1)
32	р. Косьва, нижний бьеф Широковского вдхр.	Кварц(69)- Карбонаты(11)	Хлорит (2); Эпидот (1.4); Амфиболы (1.8); Пироксены (0.9); Лейкоксен (0.2); Гидрогетит (0.2); Магнетит (0.5); Гематит (0.5); Хромит (0.9)	Угольно-породные частицы (2)
30	р. Косьва, ж/д мост Чусовская-Соликамск	Кварц(58)	Полевые шпаты(1.9); Хлорит (1.9); Тальк (3.1); Карбонаты (2.6); Эпидот (1.2); Гранаты (0.3); Амфиболы (1.5); Пироксены (0.6); Лейкоксен (0.5); Гидрогетит (0.4); Магнетит (0.4); Гематит (0.1); Хромит (0.3)	Угольно-породные частицы (19.8) Шлак (6.5) Магнитные сферулы (1.1)
Бассейн р. Чусовой				
19	р. Усьва, у д. Громовая (фон)	Кварц (85)- Тальк (4)	Полевые шпаты(1.9); Хлорит (1.9); Эпидот (0.6); Гранаты (0.1); Рутил (0.04); Актинолит (0.1); Амфиболы (0.8); Пироксены (0.3); Лейкоксен (0.1); Гидрогетит (0.1); Магнетит (0.1); Гематит (0.1); Ильменит (0.04)	
15	р. Усьва, ниже устья р.Рудянки	Кварц(68)- Полевые шпаты(4)- Тальк(4)	Хлорит (2.8); Эпидот (1.3); Гранаты (0.1); Рутил (0.1); Актинолит (0.3); Амфиболы (1.0); Пироксены (0.5); Лейкоксен (0.4); Гидрогетит (0.7); Магнетит (1.0); Гематит (0.2); Ильменит (0.2)	Угольно-породные частицы (0.5) Шлак (0.2) Магнитные сферулы (0.2)
11	р. Вильва, выше устья р. Б.Гремячей (фон)	Кварц(68)- Тальк(9)	Полевые шпаты(2.9); Эпидот (1.0); Амфиболы (0.6); Пироксены (1.2); Гидрогетит (0.2); Магнетит (0.7); Гематит (0.5); Хромит (0.1); Ильменит (0.2)	
6	р. Вильва, а/д мост Чусовой-Соликамск	Кварц (82)- Тальк (4)	Полевые шпаты(2.0); Хлорит (2.0); Эпидот (0.5); Актинолит (0.1); Амфиболы (0.5); Пироксены (0.2); Гидрогетит (0.2); Магнетит (0.1); Гематит (0.04); Ильменит (0.02)	Угольно-породные частицы (0.1)
2	р. Вильва, устье	Кварц(75)- Эпидот(4)	Хлорит (1.8); Тальк (3.5); Актинолит (0.4); Амфиболы (1.4); Пироксены (0.5); Лейкоксен (0.4); Гидрогетит (0.5); Магнетит (0.4); Гематит (0.1); Хромит (0.1); Ильменит (0.3)	Магнитные сферулы (0.3)

Примечания: * В состав естественной ассоциации минералов включены минералы, содержание которых составляет более 4 %;

** Кроме указанных минералов в большинстве проб обнаружены обломки горных пород естественного происхождения, с содержанием 0-16 %;

*** Гидрогетит в устье р. Кизел предположительно преимущественно техногенного происхождения.

Река *Шумиха* – левобережный приток р. Косьвы, является самым верхним по течению источником загрязнения, связанным с угледобычей. Ее исток засыпан породами отвалов шахты Шумихинская. В среднем течении река загрязняется в результате фильтрации воды через техногенные отложения «Шумихинского

Блинов С. М., Максимович Н.Г., Меньшикова Е. А. Современное техногенное минералообразование в аллювии рек Кизеловского угольного бассейна // Минералогия техногенеза – 2003. – Миасс, 2003. – С.20-38. пруда», который представляет собой значительный по размерам (ориентировочно 1.5x0.8 км), полностью заполненный отстойник-шламонакопитель.

В составе техногенных отложений «пруда» преобладают угольно-породные частицы до 95 %, в небольших количествах – шлаки и магнитные сферулы до 0.9 и 0.1 % соответственно (табл. 4). Среди естественных минералов присутствуют кварц (4%) и тальк (0.9 %). В осадках алеврито-глинистой размерности отмечены пирит (3 %), ярозит (1 %), содержание ПАВ – 47 %. В устье р. Шумиха донные отложения содержат значительное количество ПАВ – 31 %, а также вторичные минералы базальминит – 8 %, ярозит и гетит – по 1 % (табл. 3).

Песчаные отложения *р. Ладейный Лог* в естественных условиях характеризуются кварц-полевошпатовым составом. Ниже Рахматулинского водоема, выполняющего роль отстойника шахтных вод шахты «им. 40 лет Октября», в месте исчезновения поверхностного стока в карстовой воронке алеврито-глинистые отложения представлены кварцем, полевыми шпатами и глинистыми минералами, присутствует гетит – 3 %.

Алеврито-глинистые отложения в месте выхода реки на поверхность в районе горы Ладейной содержат значительное количество ПАВ – 44 %, среди вторичных минералов присутствует гетит – до 3 % (табл. 3).

Реки *Губашка* и *Каменка* в период работы бассейна являлись приемниками водоотливов шахты Центральная и Нагорная соответственно. В настоящее время самоизлив шахтных вод в указанные водотоки не осуществляется. Реки являются типичными карстовыми суходолами. Во время шахтного водоотлива они имели поверхностный сток практически на всем протяжении реки. В настоящее время, как и до сброса шахтных вод на большей части русла осуществляется подземный сток.

Источниками загрязнения донных отложений этих рек в настоящее время являются шахтные отвалы, складированные на их водосборной площади. Кроме этого в районе устья р. Губашки на отдельных участках обнаружено высачивание кислых шахтных вод. На этом участке в составе алеврито-глинистых отложений присутствует гетит (до 2%), содержание ПАВ значительно – 39 %.

В составе песчаной фракции донных отложений *р. Косьва* в естественных условиях (фоновая проба в нижнем бьефе Широковского водохранилища) на фоне доминирующего кварца (69 %) и значительного содержания карбонатов (11 %) отмечены хлорит, амфиболы, эпидот, хромит, пироксены (1-2 %), гематит, гидрогетит и лейкоксен (0.2-0.5). Алеврито-глинистые отложения представлены кварцем, полевыми шпатами и глинистыми минералами.

Ниже по течению г. Губахи в составе песков прирусловой отмели рассмотренная естественная минеральная ассоциация дополняется значительным количеством образований, обусловленных особенностями техногенного воздействия (%): угольно-породные (до 20) и шлаковые (6.5) частицы, магнитные сферулы (до 1). Минеральные зерна покрыты рыжей «рубашкой» гидроксидов железа.

За счет высокого содержания угольно-породных частиц алеврито-глинистые отложения р. Косьвы ниже г. Губахи окрашены в черный цвет. На территории города они характеризуются присутствием значительного количества ПАВ – 66 % (табл. 3). В районе с. Перемское (более 70 км ниже по течению территории разработки бассейна) донные отложения практически на 90 % представлены рентгеноаморфными гидроксидами железа ржавого цвета.

Бассейн р. Чусовой. Шахтные воды в период работы бассейна и после закрытия шахт поступают в реки Усьву и Вильву, а также в их притоки.

Основными источниками загрязнения *р. Усьвы* являются самоизливы шахты Усьва-3 и из штольни старой шахты выше пос. Усьва, а также породные отвалы угольных шахт, отсыпанные по берегам рек.

Река *Рудянка* – правобережный приток р. Усьвы, в которую осуществляется самоизлив шахты Усьва-3. Выше самоизлива алеврито-глинистые отложения характеризуются кварц-полевошпатовым составом (до 82 %), глинистые минералы представлены гидрослюдой и каолинитом (до 8 %). В небольших количествах присутствует гетит (1 %) и ПАВ (8 %). Влияние шахтного самоизлива на состав отложений согласно пробе отобранной в устье реки выражается в значительное содержание ПАВ – 58 % (табл. 3).

Река Усьва в фоновом створе у п. Громовой характеризуется естественной минеральной ассоциацией песчаной фракции донных отложений, типичной для этой области. Она представлена (%): кварцем (до 85); полевыми шпатами, тальком, хлоритом (2-4); амфиболами, минералами группы эпидота, пироксенами (0.3-0.9); гидрогетитом и магнетитом (до 0.1). В единичных зернах отмечены гранаты, рутил, лейкоксен, гематит, ильменит (табл. 4). В алеврито-глинистых отложениях преобладают кварц, полевые шпаты и глинистые минералы (табл. 3).

Ниже устья р. Рудянки в составе песчаной фракции донных отложений отмечено появление угольно-породных частиц, магнитных сферул и шлака (до 0.6 %). Алеврито-глинистая фракция донных отложений на 67 % образована ПАВ. В составе присутствуют вторичные минералы – ярозит, гетит (табл. 3). За счет значительного разбавления ниже по течению р. Усьвы происходит самоочищение воды и донных отложений. В нижнем течении реки, вплоть до впадения р. Вильвы последствия угледобычи незначительны.

Основным источником загрязнения *р. Вильвы* является самоизлив группы шахт г. Гремячинска (шах. Гремячинская, Западная, Таежная), который осуществляется в ее правобережный приток – р. Б. Гремячую.

В составе алеврито-глинистых отложений *р. Б.Гремячая* (пункт выше по течению г. Гремячинска), преобладает кварц и полевые шпаты (более 90 %). В небольшом количестве присутствуют глинистые минералы, преимущественно смектит. Содержание вторичных минералов незначительно: ярозита -2; гетита - 1 %. Ниже впадения самоизлива в составе алеврито-глинистых отложений р. Б.Гремячая обнаружены значительные содержания вторичных минералов – ярозита, коппапита, гетита (табл. 3). Так, содержание

Блинов С. М., Максимович Н.Г., Меньшикова Е. А. Современное техногенное минералообразование в аллювии рек Кизеловского угольного бассейна // Минералогия техногенеза – 2003. – Миасс, 2003. – С.20-38.

язозита в зоне разгрузки шахтных вод может достигать 45 %. В донных отложениях присутствует значительное количество рентгеноаморфных гидроксидов железа и алюминия (до 75 %).

В фоновом створе р. *Вильва* естественная минеральная ассоциация песков прирусловой отмели представлена кварцем (68) и тальком, хлоритом, минералами группы эпидота, полевыми шпатами (2-12), амфиболами, пироксенами, лейкоксеном (0.5-2), гидрогетитом, магнетитом, актинолитом (0.1-0.7), гематитом, хромитом, ильменитом (0.02-0.5). Глинистые отложения в фоновом створе р. Вильва представлены преимущественно кварцем и полевыми шпатами (около 90 %), а также глинистыми минералами гидрослюдистого и монтмориллонитового состава.

Ниже по течению от устья р. Б.Гремячая в песчаной фракции донных отложений р. Вильвы присутствуют угольно-породные частицы (до 0.3 %). Минеральные зерна покрыты тонкой «рубашкой» гидроксидов железа. Алеврито-глинистая фракция донных отложений почти на 90 % представлена рентгеноаморфными гидроксидами железа ржавого цвета. В устьевых участках в раскристаллизовавшейся части присутствует лепидокрокит (до 2 %).

Образующиеся техногенные осадки рек Вильвы и Усьвы мигрируют вниз по течению и загрязняют донные отложения р. Чусовой. Их аккумуляция происходит в зоне подпора Камского водохранилища.

Заключение

Длительная техногенная нагрузка на речные системы территории Кизеловского бассейна, обусловленная разработкой угля и развитием сопутствующих производств, привела к изменению естественного минерального состава аллювиальных отложений рек. В настоящее время, после ликвидации шахт, улучшения экологической ситуации не наблюдается. Источниками загрязнения аллювиальных отложений, как и в период работы бассейна, остаются породные отвалы, складированные на водосборной площади рек. Основным источником техногенного поступления загрязнителей в реки стал сформировавшийся самопроизвольный излив шахтных вод на поверхность.

Выполненные исследования показали, что на участках рек, расположенных ниже по течению от перечисленных источников загрязнения, изменяется минеральный состав как алеврито-глинистых, так и песчано-гравийных отложений.

По сравнению с фоновыми участками наблюдается снижение содержания основных минералов естественной минеральной ассоциации, за счет увеличения содержания вторичных минералов, РАВ (для алеврито-глинистых отложений) и техногенных включений песчано-гравийной размерности.

Так для алеврито-глинистых отложений содержание кварца снижается с 52-77 % до 4-34 %, полевых шпатов – с 4-23 % до 0-12 %. Увеличивается содержание, либо появляются новые вторичные минералы техногенного происхождения. Содержание гетита, которое на фоновых участках составляет около 1 %, может возрастать до 15 %. Появляются лепидокрокит – до 4 % и ярозит – до 11 % (на отдельном участке с оптимальными условиями образования ярозита его содержание достигает 45 %). В единичных пробах обнаружены базальминит (8 %) и коппапит (2 %).

Содержание РАВ увеличивается с 0-18 % (фон) до 31-91 % на загрязненных участках, при среднем содержании 75 %. Рентгеноаморфное вещество в осадках ярко-оранжевого и ржавого цвета представлено гидроксидами железа, в большей степени – ферригидритом (65 %), в меньшей – «протогидрогетитом» и «протолепидокрокитом». Ежедневно за счет воздействия самоизливов шахтных вод и в меньшей степени за счет стоков отвалов в реках образуются десятки тонн гелеобразных техногенных осадков.

Значительная часть грубообломочных техногенных продуктов поступает в аллювиальные отложения за счет непосредственного размыва пород отвалов, особенно при складировании их по берегам рек. В песчано-гравийной фракции донных отложений исследованных рек ниже участков складирования содержится значительное количество угольно-породных частиц (до 22 %), шлаков (до 6.5 %), магнитных сферул (до 1 %).

Таким образом, на исследуемой территории происходит формирование нового генетического подтипа осадков – техногенно-аллювиального, состав которых определяется сочетанием природных и техногенных факторов. Изучение минеральной формы нахождения элементов в донных отложениях может стать основой прогноза поведения химических элементов в процессе диагенетического и эпигенетического преобразования и дает возможность оценки формирующихся отложений, как возможного источника вторичного загрязнения.

Литература

1. *Гидрогеология СССР*. Т. XIV. Урал. М.: Недра, 1972. 648 с.
2. *Крамаренко Л. Е.* Геохимическое и поисковое значение микроорганизмов подземных вод. Л.: Недра, 1983. 181 с.
3. *Максимович Н. Г.* Геохимия угольных месторождений и окружающая среда // Вестник Пермского университета. Пермь, 1997. Вып. 4. Геология. С. 171-185.
4. *Максимович Н. Г., Меньшикова Е. А., Блинов С. М.* Геоэкологическое состояние рек в районах освоения угольных месторождений // Геология и минеральные ресурсы Европейского северо-востока России: новые результаты и новые перспективы: Материалы XIII Геол. съезда Республики Коми. Сыктывкар, 1999. С. 156-159.
5. *Максимович Н. Г., Меньшикова Е. А., Блинов С. М.* Загрязнение русла р.Косьвы (бассейн р.Камы) и его экологические последствия // Экология средних и малых городов: Тез. докл. науч.-техн. конф. М., 1998. С. 15-17.

- Блинов С. М., Максимович Н.Г., Меньшикова Е. А. Современное техногенное минералообразование в аллювии рек Кизеловского угольного бассейна // Минералогия техногенеза – 2003. – Миасс, 2003. – С.20-38.
6. *Металлогения и геохимия угленосных и сланцесодержащих толщ СССР*. Геохимия элементов / В. Р. Клер, Г. А. Волкова, Е. М. Гурвич и др. М.: Наука, 1987. 240 с.
 7. *Металлогения и геохимия угленосных и сланцесодержащих толщ СССР*. Закономерности концентрации элементов и методы их изучения / В. Р. Клер, В. Ф. Ненахова, Ф. Я. Сапрыкин и др. М.: Наука, 1988. 256 с.
 8. *Перельман А. И.* Геохимия. М.: Высшая школа, 1989. 528 с.
 9. *Печеркин И. А., Карзенков Г. И.* Подземные и шахтные воды Кизеловского карстового района. М.: Наука, 1964. 102 с.
 10. *Потапов С. С., Блинов С. М.* Сульфаты как показатели геоэкологической обстановки в Кизеловском угольном бассейне // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Науч. чтения памяти П. Н. Чирвинского: Материалы науч. конф. / Перм. ун-т. Пермь: ПГУ, 2003.
 11. *Смирнов С. С.* Зоны окисления сульфидных месторождений. М.: Из-во АН СССР, 1951. 335 с.
 12. Состояние и охрана окружающей среды Пермской области в 2001 году. Государственный доклад. Пермь, 2002. 190 с.