

Opracowanie zaleceń naukowo-metodycznych, dotyczących wyboru działań w zakresie ochrony środowiska przy odkrywkowej eksploatacji złóż rud żelaza na podstawie oceny ryzyka intoksykacji ludności

Разработка научно-методических рекомендаций по выбору природоохранных мероприятий при открытой разработке железорудных месторождений на основе оценки риска интоксикации населения

W niniejszym artykule rozpatrywana jest procedura rejonizacji terytorium, otaczającego zakład, zajmujący się odkrywkową eksploatacją rud żelaza, pod względem ryzyka intoksykacji ludności. Zaproponowano również sposób zmniejszenia emisji pyłu z pylących powierzchni zwalowiska odpadów.

В данной работе рассматривается процедура районирования территории, окружающей предприятие, занимающееся открытой разработкой железных руд, по величине риска интоксикации населения. Также предложен способ по уменьшению выноса пыли с поверхности пылящих участков хвостохранилища.

1. WPROWADZENIE

Eksploatacja złóż kopalin użytecznych ma skomplikowany i wieloaspektowy wpływ na środowisko. W szczególnym stopniu dotyczy to odkrywkowego sposobu wydobywania kopalin użytecznych. Przy prowadzeniu odkrywkowych robót górniczych do atmosfery dostaje się znaczna ilość polutantów, przy czym główną substancją szkodliwą jest pył (nieorganiczny pył SiO₂ 20-70%). Emisja danej substancji prowadzi do stopniowej degradacji środowiska – zielonych nasadzeń, obniżenia ich wydajności i utraty wytrzymałości. Pod wpływem „obcych” dla organizmu substancji naruszona zostaje struktura komórek, skraca się długość życia organizmów, przyspieszają się procesy starzenia. Dla człowieka szczególnym niebezpieczeństwem są cząsteczki pyłu zdolne przenikać do pęcherzyków płucnych [1]. W światowej praktyce

1. ВВЕДЕНИЕ

Разработка месторождений полезных ископаемых оказывает сложное и многоплановое воздействие на окружающую среду. Это, в особой степени, относится к открытому способу добычи полезных ископаемых. При производстве открытых горных работ в воздушную среду поступает значительное количество поллютантов, причем основным загрязняющим веществом выступает пыль (неорганическая пыль SiO₂ 20-70%). Эмиссия данного вещества приводит к постепенной деградации зеленых насаждений, снижению их продуктивности и утрате устойчивости. Под влиянием «чуждых» для организма веществ, нарушается структура клеток, снижается продолжительность жизни организмов, ускоряются процессы старения. Для человека особую опасность представляют

z uwzględnieniem zaleceń Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) w szeregu krajów dąży się do unormowania zawartości w powietrzu cząstek pyłu o wymiarach poniżej 10 µm (PM10).

2. CHARAKTERYSTYKA EMITOWANYCH ZANIECZYSZCZEŃ

Przy wydobywaniu i przetwórstwie kopaliny użytecznej w górniczych zakładach wzbogacania, emisja do atmosfery substancji szkodliwych jest głównie związana z domieszkami mechanicznymi (pył) i chemicznymi, wśród których, w zależności od technologii prac, przeważają tlenki węgla, azotu, dwutlenek siarki.

Źródłami zanieczyszczenia atmosfery przy odkrywkowym sposobie eksploatacji kopaliny użytecznych są główne procesy produkcyjne i eksploatacja obiektów produkcyjnych terenu przemysłowego:

- przygotowanie skał do eksploatacji – pył i gazy przy wykonywaniu odwiertów i otworów strzałowych; pył i toksyczne gazy przy wykonywaniu robót strzałowych;
- roboty eksploatacyjno-załadunkowe – pył przy wybieraniu i załadunku masy skalnej do środków transportu i rozładunku na hałdy za pomocą maszyn wybierających; pył i gazy przy wybieraniu masy skalnej koparkami z napędem spalinowym (silniki Diesla), ładowarkami, zgarniarkami, spycharkami itd.;
- transport materiałów kopalnianych – pył na kopalnianych drogach transportu samochodowego; unoszenie pyłu przy przesuwaniu masy skalnej; wzbijanie się pyłu w punktach przeładunku; gazy przy pracy samochodów i środków transportu kolejowego z silnikami spalinowymi;
- tworzenie hałd i składowisk – pył przy formowaniu masy skalnej w hałdy i składowiska; pylenie odsłoniętych powierzchni hałd skał płonnych, składowisk kopaliny użytecznych;
- kopalnia odkrywkowa – zdmuchiwanie pyłu z ociosów wyrobisk i placów;
- obiekty placu przemysłowego – pył przy rozładunku, kruszeniu i sortowaniu kopaliny użytecznych; pył i gazy przy wzbogacaniu kopaliny użytecznych; gazy i pył przy eksploatacji bazowych maszyn produkcyjnych.

Dla przykładu, udział każdego zanieczyszczenia wytwarzanego przy pracy Górniczego Kombinatu Wzbogacania w całkowitej sumie zanieczyszczeń został przedstawiony na rysunku 1.

с собой пылинки, способные проникать в альвеолы и периферии легкого. В мировой практике с учетом рекомендаций Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) в ряде стран осуществлен переход на нормирование содержания в воздушной среде частиц пыли с размерами менее 10 мкм (PM10).

2. ХАРАКТЕРИСТИКА ЭМИТИРОВАННЫХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

При добыче и переработке полезного ископаемого на горно-обогатительных комбинатах, выбросы в атмосферу вредных веществ в основном связаны с механическими примесями (пыль) и химическими, среди которых, в зависимости от технологии ведения работ, преобладают оксиды углерода, азота, сернистый ангидрид и др.

Источниками загрязнения атмосферы при открытой добыче полезных ископаемых, являются основные производственные процессы и эксплуатация производственных объектов промплощадки:

- подготовка горных пород к выемке - пыль и газы при бурении скважин и шпуров; пыль и ядовитые газы при производстве взрывных работ;
- выемочно-погрузочные работы - пыль при выемке и погрузке горной массы в транспортные средства и разгрузке в отвал выемочными машинами; пыль и газы при выемке горной массы экскаваторами с дизельным приводом, погрузчиками, скреперами, бульдозерами и т.д.;
- транспортирование карьерных грузов - пыль на карьерных автодорогах; сдувание пыли из транспортных сосудов при перемещении горной массы; пыль на пунктах перегрузки; газы при работе автотранспортных средств и тяговых средств железнодорожного транспорта с двигателями внутреннего сгорания;
- отвалообразование и складирование - пыль при укладке горной массы в отвалы и склады; пыление обнаженных поверхностей отвалов пустых пород, складов полезных ископаемых;
- карьер - сдувание пыли с откосов уступов и площадок;
- объекты промплощадки - пыль при разгрузке, дроблении и сортировке полезных ископаемых; пыль и газы при обжиге и обогащении полезных ископаемых; газы и пыль при эксплуатации баз производственных машин.

Например, вклад каждого загрязняющего вещества выделяющегося при работе Оленегорского ГОКа, к общей сумме загрязняющих веществ, представлен на рисунке 1.



Rys. 1. Struktura emisji do atmosfery podstawowych zanieczyszczeń Górniczego Kombinatu Wzbogacania w Oleniegorsku

Рис. 1. Структура выброса в атмосферу основных загрязняющих веществ Оленегорским ГОКом

Z danych przedstawionych na rysunku 1 wynika, że przy pracy Górniczego Kombinatu Wzbogacania w Oleniegorsku do atmosfery w największym stopniu wydzielany jest dwutlenek krzemu (SiO_2) – do 36% wszystkich zanieczyszczeń. W wyniku analizy danych stwierdzono, że podstawowymi źródłami wydzielania pyłu są procesy technologiczne, związane z bezpośrednim wydobywaniem i przetwarzaniem kopaliny użytecznej. Wśród źródeł można wymienić następujące procesy technologiczne: wiercenie otworów, roboty strzałowe, prace wybierkowo-załadunkowe, transport masy skalnej, składowanie skały płonnej na hałdę, pylenie z powierzchni zwalowiska odpadów.

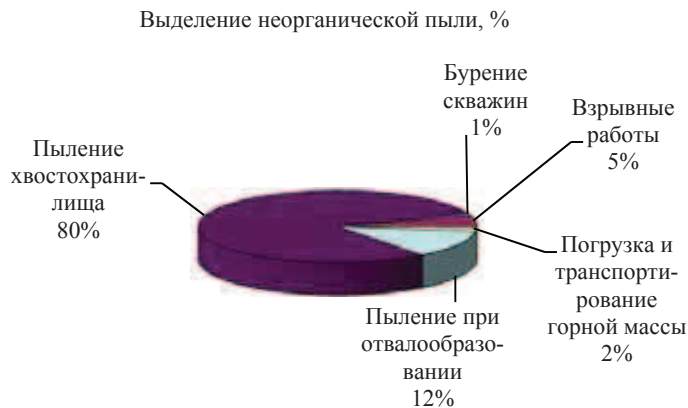
Из данных представленных на рисунке 1 следует, что при работе ГОКа в атмосферу больше всего выделяется диоксид кремния (SiO_2) до 36% всех выбросов. В результате анализа данных было выявлено, что основными источниками пылевыведения являются технологические процессы, связанные с непосредственной добычей и переработкой полезного ископаемого. Среди источников можно выделить следующие технологические процессы: бурение скважин, взрывные работы, выемочно-погрузочные работы, транспортирование горной массы, складирование пустой породы в отвал, пыление с поверхности хвостохранилища.

3. INDOKSYKACJA

Udział każdego procesu w zanieczyszczeniu atmosfery przedstawiono na rysunku 2.

3. ИНТОКСИКАЦИЯ

Удельный вклад каждого процесса в загрязнение атмосферы приведен на рисунке 2.



Rys. 2. Udział różnych procesów technologicznych w emisji pyłu nieorganicznego przy pracy Górniczego Kombinatu Wzbogacania w Oleniegorsku

Рис. 2. Удельный вклад различных технологических процессов в выброс неорганической пыли при работе Оленегорского ГОКа

Z danych przedstawionych na rysunku 2 wynika, że podstawowymi źródłami emisji pyłu do atmosfery są procesy składowania skał płonnych na hałdach i pylenie z powierzchni zwałowisk odpadów. Jest to spowodowane tym, że przy istniejącym sposobie eksploatacji złóż rud żelaza w Górniczym Kombina-cie Wzbogacania do 50-60% przetwarzanego surowca wyjściowego staje się odpadami z procesów wzbogacania (odpady przemysłowe), które są skła-dowane w formie pulpy na składowiskach odpadów. Odpady przemysłowe są materiałem drobnoziarni-stym. Wszystkie jego frakcje są zagrożone erozją, szczególnie w okresie letnim, kiedy powierzchnia zwałowisk nagrzewa się, szybko traci wilgoć i łatwo poddaje się erozji wietrznej. Odwodnione miejsca składowisk odpadów przy prędkości wiatru 5-7 m/s i więcej stają się intensywnymi źródłami emisji pyłu. Zwiewany z powierzchni składowiska pył negatywnie wpływa na warunki sanitarno-higieniczne poło-żonych w pobliżu obiektów mieszkalnych i zakładów przemysłowych.

Pył nieorganiczny, który powstał w rezultacie wzajemnego oddziaływania strumieni powietrza i skła-dowanych na hałdach skał, rozprzestrzenia się na duże odległości. Rozkład jego stężenia w powietrzu atmosferycznym ma charakter złożony wyznaczany przez warunki meteorologiczne (temperatura, wilgot-ność, prędkość i kierunek wiatru) i górniczą specyfi-kę techniczną eksploatacji (właściwości fizyko-mechaniczne skał, wymiary geometryczne hałd, ich lokalizacja w stosunku do konturu kopalni odkryw-kowej i róży wiatrów). Dostając się z powietrza at-mosferycznego na powierzchnię ziemi, składniki chemiczne zawarte w pyłe negatywnie wpływają na wodę, glebę, roślinność, tereny leśne itp.

W przypadku, gdy obłok pyłu ze zwałowiska od-padów dosięga miejsc zamieszkałych przez ludzi, wówczas w tych rejonach wzrasta ryzyko R, charak-teryzujące poziom intoksykacji ludności. Dlatego opracowanie działań chroniących przyrodę powinno przede wszystkim dotyczyć właśnie tych źródeł ko-palnianych – hałdy skały płonnej, zwałowiska odpa-dów itd.

Zależność ryzyka intoksykacji od stosunku rze-czywistego stężenia substancji szkodliwych w powie-trzu atmosferycznym do dopuszczalnego poziomu stężenia i klasy zagrożenia substancji ma postać [1]:

Из данных представленных на рисунке 2 следу-ет, что основными источниками выделяющими пыль в атмосферный воздух являются процессы складирования пустых пород в отвалы и пыление с поверхности хвостохранилища. Это объясняет-ся тем, что при существующем способе разработ-ке железорудных месторождений на ГОКах до 50-60% перерабатываемого исходного сырья переходит в отходы обогащения (хвосты), которые скла-дируются в виде пульпы в хвостохранилищах. Хвосты представляют собой тонкозернистый материал. Все фракции которого являются эрози-онноопасными. В летний период, когда поверх-ность хвостохранилищ нагревается, она быстро теряет влагу и легко поддается ветровой эрозии. Обезвоженные участки хвостохранилищ при ско-рости ветра 5-7 м/с и более становятся интенсив-ными источниками выделения пыли. Взметыва-ющаяся с поверхности хвостохранилища пыль отрицательно влияет на санитарно-гигиенические условия близь расположенных жилых массивов и промышленных предприятий.

Неорганическая пыль, образуемая в результате взаимодействия атмосферных воздушных пото-ков со складываемым в отвалах породами, рас-пространяется на значительные расстояния. Рас-пределение её концентрации в атмосферном воз-духе имеет сложный характер, определяемый метеорологическими условиями (температура, влажность, скорость и направление ветра) и гор-нотехническими особенностями разработки (фи-зико-механические свойства пород, геометриче-ские размеры отвалов, их расположение относи-тельно контура карьера и розы ветров). Выпадая из атмосферного воздуха на поверхность земли, химические элементы, содержащиеся в пыли, оказывают угнетающее воздействие на воду, поч-ву, растительность, лесные массивы и т.п.

В том случае, когда пылевое облако от хвосто-охранилища достигает мест компактного прожива-ния людей, то в этих районах повышается риск R, характеризующихся уровнем интоксикации насе-ления. Поэтому разработка природоохранных ме-роприятий должна прежде всего касаться именно неорганизованных площадных источников (отвалы пустой породы, хвостохранилище и т.д.).

Зависимость риска интоксикации от соотноше-ния фактической концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе к предельно допустимой концентрации и класса опасности вещества имеет вид [1]:

$$R = 1 - \exp \left\{ -0,174 \left[\frac{C_i}{ПДК_i \cdot K} \right]^\beta t \right\}, \quad (1)$$

gdzie
 t – czas ekspozycji (przyjmuje się okres 25 lat),
 β, K – współczynniki, uwzględniające specyfikę toksycznych właściwości substancji (tab. 1); wartości współczynników zostały przedstawione w stosunku do czasu ekspozycji trwającej 25 lat,
 $C_i / ПДК_i$ – stosunek stężenia i -ego zanieczyszczenia, do jego maksymalnego dopuszczalnego stężenia; dany stosunek jest bezwymiarowy, gdyż wymiary C_i i $ПДК_i$ są równe.

где
 t – время экспозиции (принимается равным 25 годам);
 β, K – коэффициенты, учитывающие особенности токсических свойств веществ (таблица 1), значения коэффициентов приведены применительно к времени экспозиции равной 25 годам;
 $C_i / ПДК_i$ – соотношение концентрации i -ого загрязняющего вещества, к его предельно допустимой концентрации, данное соотношение является безразмерным, так как размерности C_i и $ПДК_i$ совпадают.

Tabela 1

Wartości współczynników β i K

Klasa zagrożenia	Charakterystyka substancji	β	K
1 klasa	nadzwyczaj niebezpieczne	2,40	7,5
2 klasa	bardzo niebezpieczne	1,31	6,0
3 klasa	umiarkowanie niebezpieczne	1,00	4,5
4 klasa	mало niebezpieczne	0,86	3,0

Таблица 1

Значения коэффициентов β и K

Класс опасности	Характеристика веществ	β	K
1-й класс	чрезвычайно опасные	2,40	7,5
2-й класс	высоко опасные	1,31	6,0
3-й класс	умеренно опасные	1,00	4,5
4-й класс	мало опасные	0,86	3,0

4. DZIAŁANIA OCHRONNE PRZED INDOKSYKACJĄ

Aby opracować działania w zakresie ochrony środowiska, dotyczące obniżenia ryzyka intoksykacji, niezbędne są informacje o charakterze jego rozkładu na danym terytorium (w danym rejonie). Realizacja tego zadania może przebiegać w następującej kolejności [2]:

1. W pierwszym etapie określany jest rodzaj przypadkowych zasad zmiany czynników, określających poziom przemysłowego zanieczyszczenia powietrza i na ich podstawie wyliczane są prawdopodobieństwa P_i równości wielkości każdego z określanych czynników dla konkretnej wartości V_i . Na przykład, prawdopodobieństwo tego, że prędkość powietrza będzie równa V_1 wynosi P_1 , prawdopodobieństwo równości temperatury powietrza dla temperatury T_1 – P_2 , prawdopodobieństwo równości kierunku wiatru dla kąta Y – P_3 , prawdopodobieństwo częstotliwości masowych wybuchów dla częstotliwości K_1 – P_4 itd.
2. Gdyby założyć, że sytuacja, w której wyżej wymienione parametry stają się równe konkretnym wartościom, tworzy niezależne w sumie zdarzenia, wówczas prawdopodobieństwo ich kumulacji wynosi

4. ЗАЩИТНЫЕ ДЕЙСТВИЯ ПЕРЕД ИНТОКСИКАЦИЕЙ

Dla разработки природоохранных мероприятий по снижению риска интоксикации, необходима информация о характере его распределении по территории. Реализация этой задачи может выполняться в следующей последовательности:

1. На первом этапе устанавливается вид случайных законов изменения факторов, определяющих уровень аэротехногенной нагрузки и на их основе вычисляются вероятности p_i равенства величины каждого из определяющих факторов конкретному значению v_i . Например, вероятность того, что скорость воздуха будет равна V_1 составляет p_1 , вероятность равенства температуры воздуха температуре T_1 – p_2 , вероятность равенства направления ветра углу Y – p_3 , вероятность частоты массовых взрывов частоте K_1 – p_4 и т.д.
2. Если предположить, что ситуация, при которой выше указанные параметры становятся равными конкретным значениям, образует независимые в совокупности события, то вероятность их совмещения составляет

$$\sum P_i = \prod_1^n p_i, \tag{2}$$

gdzie:

- n – całkowita liczba czynników branych pod uwagę przy obliczaniu ostatecznej wartości przemysłowego zanieczyszczenia powietrza, tj. stężenia pyłu, gazu itp.,
- j – liczba porządkowa kombinacji danych wyjściowych.
- Po wprowadzeniu danych i uzyskaniu danych wyjściowych, charakteryzujących rozpatrywane czynniki, na podstawie ujednoczonego programu obliczeń zanieczyszczenia atmosfery (UPOZA) „Ekolog” (Wersja 3.0), określane są wartości liczbowe, charakteryzujące przemysłowe zanieczyszczenie powietrza C_j , tj. stężenie pyłu, warunki meteorologiczne itp. Prawdopodobieństwo osiągnięcia wielkości zanieczyszczenia technogenego równej obliczonej wartości C_j będzie równe ΣP_j ($j = 1, 2, 3, \dots$). Jeżeli okaże się, że wielkość C_j (lub wartość zbliżona) zostaje osiągnięta przy różnych m połączeniach danych wyjściowych, wówczas sumaryczne prawdopodobieństwo osiągnięcia wartości zanieczyszczenia technogenego równego wartości C_j będzie wynosił $m\Sigma P_j$.
 - Po zakończeniu eksperymentu liczbowego, określone współrzędne C_j , ΣP_j stanowią funkcję rozkładu prawdopodobieństwa przypadkowej wielkości C_j .

5. RYZYKO INDOKSYKACJI

Poziom technogenego zanieczyszczenia powietrza (wartość liczbową C_j) będzie określać szkodę ekologiczną, powstałą w wyniku wydobywania kopaliny użytecznych (konsekwencje oddziaływania technogenego wyrażone w formie wymiernej), którą ponosi środowisko, w tym zdrowie ludzi. Przy tym, im większa jest wartość absolutna C_j , tym większy jest rozmiar szkody ekologicznej. Z drugiej strony, każda wartość C_j jest wyznaczana z określonym prawdopodobieństwem, które będzie mieć minimalną wartość w przypadkach minimalnej i maksymalnej wartości C_j . W związku z tym integralnym wskaźnikiem, określającym poziom technogenego zanieczyszczenia powietrza jest ryzyko intoksykacji ludności. Maksymalna wartość ryzyka charakteryzuje ten poziom technogenego zanieczyszczenia powietrza, na którego obniżenie powinny być skierowane działania w zakresie ochrony środowiska [3]. Ustalenie konkretnego kompleksu tych działań będzie związane z liczbą oddziałujących czynników i stopniem ich wpływu na ostateczną wartość C_j . Przy tym kompensacja czynników określanych specyfiką wydobywania kopaliny użytecznej (czynniki sterowalne) powinna

где

- n – общее число факторов, принимаемых во внимание при расчете конечного значения величины аэротехногенной нагрузки, т.е. концентрации пыли, газа и т.п.,
- j – порядковый номер комбинации исходных данных.
- При заданном сочетании исходных данных, характеризующих рассматриваемые факторы, на основе унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы (УПРЗА) «Эколог», (Версия 3.0) устанавливаются численные значения, характеризующие аэротехногенную нагрузку C_j , т.е. концентрации пыли, метеорологические условия и т.п. Вероятность достижения величины техногенной нагрузки рассчитанному значению C_j будет равна ΣP_j ($j = 1, 2, 3, \dots$). Если окажется, что величина C_j (или значение близкое к ней) достигается при различных m сочетаниях исходных данных, то суммарная вероятность достижения величины техногенной нагрузки рассчитанному значению C_j будет составлять $m\Sigma P_j$.
 - После завершения численного эксперимента в координатах C_j , ΣP_j строится функция распределения вероятности случайной величины C_j .

5. РИСК ИНТОКСИКАЦИИ

Уровень аэротехногенной нагрузки (численное значение C_j) будет определять экологический ущерб (последствия техногенного воздействия, выраженные в стоимостной форме), который наносится окружающей среде, в том числе здоровью людей, в результате добычи полезных ископаемых. При этом, чем больше по абсолютной величине C_j , тем больше величина экологического ущерба. С другой стороны, каждое значение C_j реализуется с определенной вероятностью, которая будет иметь минимальное значение в случаях минимального и максимального значений C_j . В этой связи интегральным показателем, определяющим уровень аэротехногенной нагрузки, является риск интоксикации человека. Максимальное значение риска характеризует тот уровень аэротехногенной нагрузки, на снижение которого должны быть направлены природоохранные мероприятия. Установление конкретного комплекса этих мероприятий будет связано с количеством влияющих факторов и степени их воздействия на конечное значение C_j . При этом компенсация факторов, определяемых особенностями добычи

być realizowana poprzez bezpośrednie oddziaływanie na procesy technologiczne, które określają dane czynniki. Minimalizacja negatywnego wpływu czynników związanych z warunkami meteorologicznymi (czynniki niesterowalne) może być realizowana poprzez ukierunkowane obniżenie oddziaływania innych procesów technologicznych, które pozwoli na kompensację działania czynników niesterowalnych.

6. BADANIA POZIOMU RYZYKA INDOKSYKACJI

Rozpatrzmy specyfikę zastosowania wyżej opisanego podejścia na przykładzie Górniczego Kombinatoru Wzbogacania w Oleniegorску [2].

Analiza chemiczna prób wykonana metodą rentgenowskiej analizy fluorescencyjnej pokazała, że odpady na zwałowisku odpadów to głównie ($67,5 \pm 6,7\%$) SiO_2 , co pozwala zaliczyć pył powstający na powierzchni do trzeciej klasy zagrożenia. Aby uzyskać informacje o charakterze rozprzestrzeniania się pyłu o różnym składzie granulometrycznym, wykonano badania terenowe w rejonie funkcjonowania Górniczego Kombinatoru Wzbogacania w Oleniegorску.

Ocena była prowadzona na podstawie wyników analiz prób opadów atmosferycznych zebranych w okresie letnim 2006 r. Na obwodzie zwałowiska odpadów ustawiono stacjonarne deszczomierze w kształcie plastikowych rur z bocznymi otworami w celu naturalnego chłodzenia próbki. Przy umieszczeniu deszczomierzy uwzględniano parametry meteorologiczne (kierunek wiatru). Rury były ustawiane w położeniu pionowym i dla zwiększenia ich wytrzymałości mocowane do powierzchni za pomocą dużych odłamków brył skalnych. Rurę montowano w taki sposób, aby jej górna część znajdowała się na poziomie 1 m od powierzchni gruntu.

Wewnątrz każdej rury umieszczano torbę plastikową, która była pokrywana syntetyczną mało przepuszczalną tkaniną mocowaną do rury za pomocą kołpaku.

Objętość każdej próbki była mierzona na miejscu, próbki były przewożone do laboratorium chemicznego, gdzie mieszano trzy równoległe próbki z każdego miejsca i filtrowano je za pomocą filtra do powolnej filtracji w celu określenia parametrów składu chemicznego. Wyodrębniona stała frakcja została poddana analizie sedymentacyjnej, za pomocą której określono skład granulometryczny pyłu – rys. 3. Łącznie podczas sezonu pobrano 60 próbek.

poлезного ископаемого (управляемые факторы), должна осуществляться путем непосредственного воздействия на технологические процессы, их определяющие. Минимизация негативного влияния факторов, связанных с метеорологическими условиями (неуправляемые факторы), может выполняться за счет направленного снижения воздействия других технологических процессов, которое позволит компенсировать действие неуправляемых факторов.

6. АНАЛИЗ УРОВНЯ РИСКА ИНТОКСИКАЦИИ

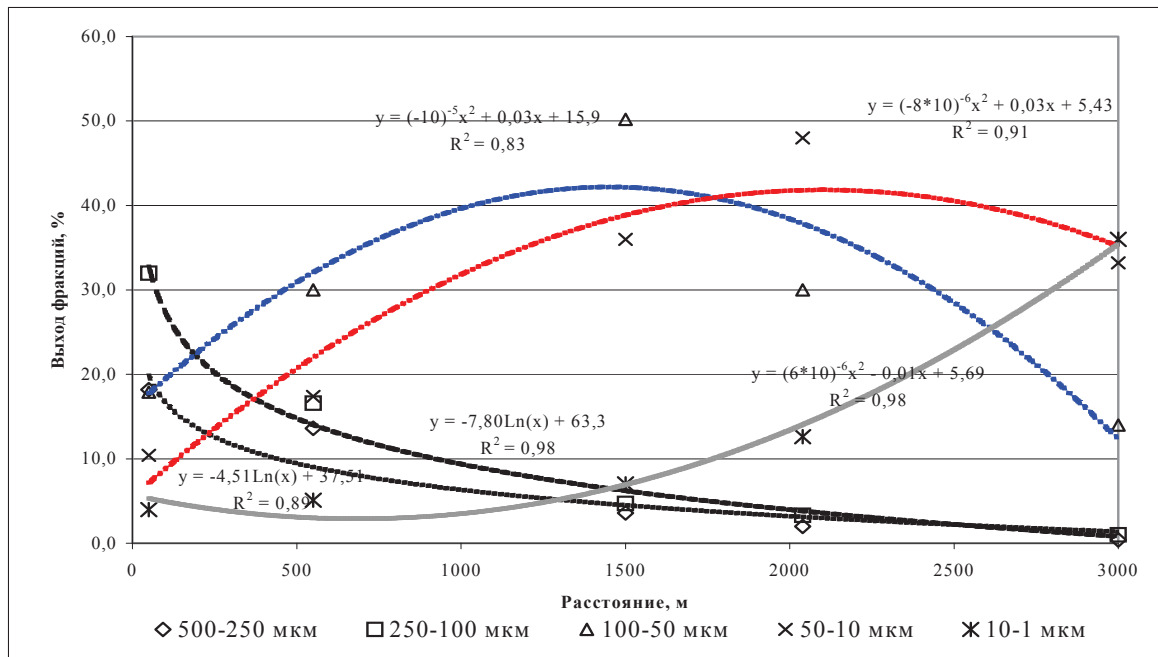
Рассмотрим особенности применения вышеописанного подхода на примере Оленегорского ГОКа [2].

Химический анализ проб, выполненный рентгенофлуоресцентным методом, показал, что отходы хвостохранилища, в основном ($67,5 \pm 6,7\%$) представлены SiO_2 , что позволяет отнести пыль, выделяющуюся с поверхности, к третьему классу опасности. С целью получения информации о характере рассеивания пыли различного дисперсного состава, были выполнены натурные исследования в районе функционирования Оленегорского ГОКа.

Оценка проводилась по результатам анализов проб атмосферных выпадений, отобранных за летний период 2006 г. По периметру хвостохранилища были стационарно установлены осадкоприемники, представляющие собой пластиковые трубы с боковыми отверстиями для естественного охлаждения пробы. При размещении осадкоприемников учитывались метеорологические параметры (направление ветра). Трубы устанавливались в вертикальном положении и для устойчивости закреплялись у поверхности крупноглыбовыми обломками. Монтаж трубы проводился таким образом, чтобы ее верхняя часть находилась на уровне 1 м от поверхности грунта.

Внутри каждой трубы помещался полиэтиленовый пакет, который покрывался синтетической мелкоячеистой тканью и крепился к трубе копкаком.

Объем каждой пробы замерялся на месте, пробы транспортировались в химлабораторию, где проводилось смешивание трех параллельных проб с каждой площадки и фильтрование проб через фильтр «синяя лента» для определения параметров химического состава. Выделенная твердая фракция подвергалась седиментационному анализу, с помощью которого устанавливался гранулометрический состав пыли. Всего за сезон отобрано 60 проб.



Rys. 3. Charakter podziału cząstek pyłu o różnym składzie granulometrycznym ze zwałowiska odpadów
 Рис.3. Характер распределения пылевых частиц различного дисперсного состава от хвостохранилища

Z analizy danych (rys. 3) wynika, że w miarę oddalania się od źródła emisji pyłu liczba cząstek dużej frakcji (500-250 μm , 250-100 μm) zmniejsza się, a liczba cząstek, których wielkość mieści się w granicach od 100-50 μm osiąga maksimum w „ogólnej” wartości stężenia już w odległości 1500 m od źródła. Maksymalna zawartość cząstek o wymiarach 50-10 μm zostaje osiągnięta w odległości około 2000 m, a cząsteczki najbardziej szkodliwe dla organizmu człowieka (10-1 μm) rozprzestrzeniają się na odległość około 3000 m.

Wyniki badań pokazują, że rozkład przestrzenny stężenia pyłu, pochodzącego z powierzchni zwałowiska odpadów, ma charakter monotonny z maksymalną wartością bezpośrednio przy źródle emisji pyłu.

Poziom oddziaływanie pyłu określono dla odcinków pyłących zwałowiska odpadów na powierzchni ponad 30 ha. Początkowo wyliczono wielkość emisji pyłu nieorganicznego z powierzchni zwałowiska odpadów, a następnie wykonano obliczenia powierzchniowego rozkładu stężenia pyłu nieorganicznego od danego źródła [3]. Do dalszej obróbki danych stworzono projekt systemu geoinformacyjnego dla odcinka w kształcie prostokąta o długości 13,8 i szerokości 9 km. Całkowita powierzchnia badanego terenu wyniosła 124,2 km².

W wyniku liczbowego przedstawienia danego projektu geoinformacyjnego określono przestrzenny podział ryzyka intoksykacji (rys. 4).

Из анализа данных (рис.3.), следует, что по мере удаления от источника пылевыведения количество частиц содержащей крупной фракции (500-250 мкм, 250-100 мкм) убывает, а частиц размеры которых находятся в диапазоне от 100-50 мкм, достигает максимума в «общем» значении концентрации уже на расстоянии 1500 м от источника, максимальное содержание частиц размером 50-10 мкм достигается на расстоянии около 2000 м, а частицы наносящие наибольший вред для человеческого организма (10–1 мкм), распространяются на расстояние более 3000 метров.

Результаты оценки показывают, что пространственное распределение концентрации пыли, выносимой с поверхности хвостохранилища, имеет монотонный характер с максимальным значением непосредственно у источника пылевыведения.

Определение уровня пылевого воздействия было осуществлено для пылящих участков хвостохранилища общей площадью более 30 га. Вначале была вычислена величина выброса неорганической пыли с поверхности хвостохранилища, а затем выполнен расчет площадного распределения концентрации неорганической пыли от данного источника [3]. Для дальнейшей обработки данных был сформирован ГИС - проект на участок, представляющий собой прямоугольник длиной 13,8 и шириной 9 км. Общая площадь исследуемой территории составила 124,2 км².

В результате численной реализации данного ГИС - проекта установлено пространственное распределение риска интоксикации (рис. 4).



Rys. 4. Przestrzenny podział ryzyka intoksykacji dla pylenia ze zwałowiska odpadów
 Рис. 4. Пространственное распределение риска интоксикации пыления с хвостохранилища

Na podstawie uzyskanych danych (rys. 4) dokonano rejonizacji terytorium zajmowanego przez miasto Oleniegorsk zgodnie z wartościami ryzyka intoksykacji (tab. 2.).

На основании полученных данных (рис.4) было произведено районирование территории, занимаемой городом Оленегорском, в соответствии со значениями риска интоксикации (табл. 2.).

Tabela 2

Rejonizacja terytorium miasta Oleniegorsk w zależności od wielkości ryzyka intoksykacji

Таблица 2

Дифференциация территории города Оленегорска в зависимости от величины риска интоксикации

Źródło	Rejony terytorium miasta podlegające ryzyku intoksykacji	Zakres ryzyka intoksykacji
Zwałowisko odpadów	1,37 %	0,15-0,2
	32,03 %	0,2-0,3
	51,63 %	0,3-0,4
	14,97 %	0,4-0,5

Источ-ник	Территория города подвергаемая риску интоксикации	Диапазон риска интоксикации
Хвосто-хранили-ще	1,37 %	0,15-0,2
	32,03 %	0,2-0,3
	51,63 %	0,3-0,4
	14,97 %	0,4-0,5

W związku z tym, że zwałowisko odpadów jest głównym źródłem emisji pyłu, a czas pylenia, z reguły, ogranicza się do okresu letniego, to zastosowanie działań związanych z umocnieniem powierzchni pyłacej za pomocą różnych substancji chemicznych

Поскольку хвостохранилище является основным источником пылевыведения, а время пыления, как правило, ограничено летним периодом, то использование мероприятий связанных

lub zraszanie powierzchni wodą może nie być wskazane pod względem ekonomicznym.

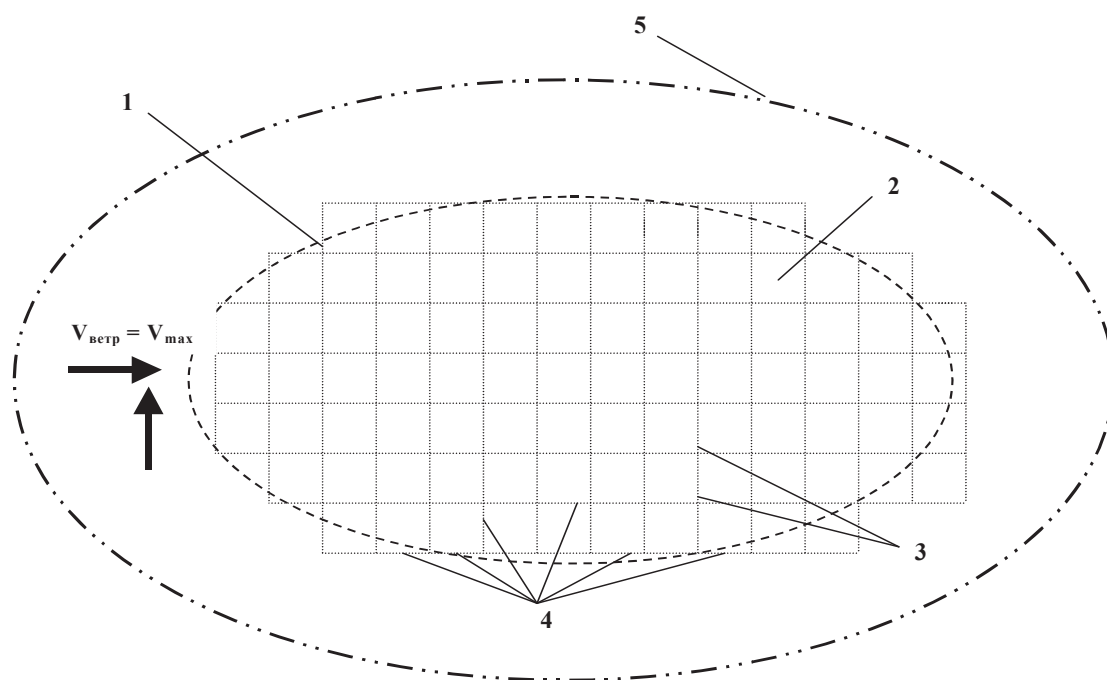
7. DZIAŁANIA PROFILAKTYCZNE

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że całkowita powierzchnia zanieczyszczenia pyłem jest związana z prędkością wiatru, tj. zmniejszenie prędkości wiatru do określonej (kryterialnej) wartości pozwala zlokalizować zanieczyszczenie pyłem o stężeniu przekraczającym maksymalną dopuszczalną wartość w granicach wymaganej strefy sanitarno-ochronnej. W celu rozwiązania tego zadania proponuje się aerodynamiczny sposób zmniejszenia rozprzestrzeniania się pyłu z powierzchni zwałowiska odpadów, polegający na instalacji na terenie pyłacej powierzchni ekranów z uwzględnieniem róży wiatrów. Przy tym ekrany są wyposażone według parametrów odcinków kwadratowych o boku L_{yc} (rys. 5).

с закреплением пылящей поверхности различными химическими составами или орошение поверхности водой может оказаться экономически нецелесообразным. В результате проведенных исследований было установлено, что суммарная площадь пылевого загрязнения определяется скоростью ветра, т.е. снижение скорости ветра до необходимой величины, позволяет локализовать пылевое загрязнение с концентрацией превышающую предельно-допустимую, в пределах требуемой санитарно-защитной зоны.

7. ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ ДЕЙСТВИЯ

Для решения этой задачи предлагается аэродинамический способ снижения выноса пыли с поверхности хвостохранилища, основанный на установке по площади пылящей поверхности с учетом розы ветров экранов. При этом экраны сооружаются по периметрам квадратных участков со стороной L_{yc} (рис. 5). Расстояние между экранами ($L_{yc,м}$) и их высота ($H_{зщ,м}$) выбирается из



1-kontur pyłacej powierzchni; 2- i-pyłacy odcinek; 3-podpory; 4-ekrany ochronne;
5- granica strefy sanitarno-ochronnej

Rys. 5. Aerodynamiczny sposób zmniejszenia rozprzestrzeniania się pyłu z powierzchni zwałowiska odpadów

1-контур пылящей поверхности; 2- i-пылящий участок; 3-опоры; 4-защитные экраны;
5- граница санитарно-защитной зоны.

Рис.5. Аэродинамический способ снижения выноса пыли с поверхности хвостохранилища

Odległość między ekranami ($L_{\text{yч}}$, m) i ich wysokość ($H_{\text{заг}}$, m) są dobierane z zakresu 1,5-3,0 m, pod warunkiem przekroczenia przez $L_{\text{yч}}$ długości 10 m, i zadanego zmniejszenia prędkości wiatru (V_{lim} , m/s). Na przykład przy zmniejszeniu prędkości wiatru odpowiednio o 40, 50, 60, 70% wysokość ogrodzenia $H_{\text{заг}}$ może wynieść 1,5, 2,0, 2,5 i 3,0 m, to odpowiednio:

$$L_{\text{yч}} = 46,4 H_{\text{заг}} (V_{\text{lim}}/V_{\text{max}})^{2,6} \quad (3)$$

gdzie

V_{max} – najczęściej spotykana wartość prędkości wiatrów, m/s.

W celu utworzenia takiego ogrodzenia cała pyłaca powierzchnia zwałowiska odpadów (rys. 5 – oznaczenie 1) jest dzielona na kwadratowe odcinki o boku $L_{\text{yч}}$ (rys. 5 – oznaczenie 2) obliczanym na podstawie wzoru (3). Po obwodzie odcinków ustawiane są podpory (rys. 5 – oznaczenie 3), na których mocowane są ekrany (rys. 5 – oznaczenie 4) wykonane z elastycznego materiału. Jako elastycznego materiału można użyć np. polimeru o strukturze komórkowej. Dany sposób został opatentowany, nr patentu 2285800.

Literatura

1. *Yayli E.A.*: Naucznyje i prikladnyje aspekty ocenki upravlenija urbanizirovannymi territorijami na osnovie instrumenta riska i nowych pokazatelej kacziestwa okružajuszej sredy / Pod red. dr nauk fiz.-mat, profesora L. N. Karlina – SPb.: RGGMU, VVM, 2006. – 448 s.).
2. *Kuznetsov V.S.*: Wozdejstwije wnesznich otwalow pustoj porody na sostojanije atmosfernogo wozducha pri otkrytoj razrabotke železnorodnych mestoroždenij sewernych regionow // "Socialno-ekonomiczieskije i ekologiczieskije problemy gornoj promyszlenosti, stroitelstwa i energetiki" – 7-a Międzynarodowa Konferencja ds. Problemów Przemysłu Górniczego, budownictwa i energetyki. Materiały konferencji: TulGU, Tuła, 2011, T 2, str. 226-234).
3. *Kuznetsov V.S.*: Prostranstwiennoje raspredelenije ekologiczieskogo riska pri rabote železnorodnych karjerow // GIAB №1, 2006, str. 196-200).

диапазона 1,5-3 м, при условии превышения $L_{\text{yч}}$ величины 10 м., и заданного снижения скорости ветра (V_{lim} , м/с). Например при снижении скорости ветра соответственно на 40; 50; 60; 70 % высота ограждения $H_{\text{заг}}$ может составлять 1,5; 2; 2,5; 3 м соответственно:

$$L_{\text{yч}} = 46,4 H_{\text{заг}} (V_{\text{lim}}/V_{\text{max}})^{2,6} \quad (3)$$

где

V_{max} – наиболее часто встречающееся значение скорости господствующих ветров, м/с.

Для создания такого ограждения всю пылящую поверхность хвостохранилища (1) разбивают на квадратные участки со стороной $L_{\text{yч}}$ (2), рассчитываемой по формуле (2). По периметрам участков устанавливают опоры (3), на которые закрепляют экраны (4), выполненные из гибкого материала. В качестве гибкого материала может быть использован, например, ячеистый полимер. Данный способ запатентован, патент №2285800.

Литература

1. Яйли Е.А. Научные и прикладные аспекты оценки управления урбанизированными территориями на основе инструмента риска и новых показателей качества окружающей среды / Под ред. д. физ.-мат. наук, профессора Карлина Л. Н. – СПб.: РГГМУ, ВВМ, 2006. – 448 с.
2. Кузнецов В.С. Воздействие внешних отвалов пустой породы на состояние атмосферного воздуха при открытой разработке железорудных месторождений северных регионов // «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики» - 7-я Международная Конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. Материалы конференции: ТулГУ, Тула, 2011, Т 2, 226-234 с.
3. Кузнецов В.С. Пространственное распределение экологического риска при работе железорудных карьеров // ГИАБ №1, 2006, с. 196-200 с.

DEVELOPMENT OF METHODOLOGICAL RECOMMENDATION FOR SELECTION OF ENVIRONMENTAL MEASURES DURING OPEN PIT OF IRON-ORE DEPOSITS RISK-BASED POPULATION INTOXICATION

In this work procedure of division into districts the territory surrounding the enterprise, engaged in open-cast mining of iron ores, in size of risk intoxication the population is considered. The way on reduction of carrying out a dust from a surface raising dust sites of the tailings dam is presented.