Д 15. Гидрофобты күйенің қоршаған ортаға әсері және қауіпсіздік аспектілері

Курсты қорытындылау

Ауа

шаң бөлшектері

Су мен топырақ

агрегация, тасымал

Қауіпсіздік

әсерді басқару

Дәрістің мақсаты және құрылымы

Мақсаты
Гидрофобты көміртек қарасының экологиялық тағдырын, денсаулық пен технологиялық қауіптерін және тәуекелді азайту әдістерін ғылыми тұрғыдан бағалау.

1. Терминдер

Материалдың түрі және беттік қасиеттері

2. Экологиялық тағдыр
Ауа, су, топырақ, қалдық ағындары

3. Денсаулық

Экспозиция, уыттылық, шектеулер

4. Қорғану

Инженерлік шаралар, мониторинг

5. Бағалау

Өмірлік цикл, регенерация, кейс

Дереккөз: NIOSH; IARC; OECD (2020)

Негізгі анықтамалар: материалдарды шатастырмау

Атау	Сипаттамасы	Маңызды айырмашылық
Carbon black	Көмірсутекті жартылай жағу/термиялық ыдырату өнімі	Мақсатты түрде алынатын өнеркәсіп материалы
Гидрофобты carbon black	Су жұқтырмайтын беткі қасиеті бар carbon black	Сулану химиясы мен текстурасына тәуелді
Soot / қара күйе	Толық жанбаудан пайда болатын әртекті бөлшектер	Құрамы мен қоспалары тұрақты емес
Black carbon	Қоршаған ортадағы жарық жұтатын көміртекті компонент	Атмосфералық термин, әрдайым carbon black емес

Маңызды: «гидрофобты» → «уытсыз» дегенді білдірмейді.

Дереккөз: NIOSH Pocket Guide; IARC Monograph 93

Материалдың экологиялық мінез-құлқын анықтайтын қасиеттер

Физика-химиялық параметрлер

- Бөлшектің алғашқы өлшемі және агрегат құрылымы
- Меншікті беттік аудан, кеуектілік
- Беткі оттекті және органикалық топтар
- Сулану, жанасу бұрышы, ζ-потенциал
- Қоспалар, қалдық ПАУ/ПАК

Нәтижеге әсері

- Гидрофобтылық судағы суланууын төмендетуі мүмкін
- Бірақ беттік-белсенді заттар мен органика дисперсияны тұрақтандыра алады
- Агрегатталу, тұну және тасымал ортаға тәуелді
- Жалпы материал емес, нақты марка/партия сыналады

Дереккөз: OECD GD 318 (2020); NIOSH

Өмірлік цикл: экологиялық босап шығу нүктелері

1. Өндіру

Реактор, жинау

2. Модификация

Силан, полимер

3. Тасымалдау

Қап, контейнер

4. Пайдалану

Композит, жабын

5. Қалдық

Ұсақтау, кәдеге жарату

Әр кезеңде: шаң шығарындылары • төгінділер • қалдық су • пайдаланылған сүзгілер

Бақылау шекарасы

Материалдың өзі + беттік модификатор + технологиялық еріткіш + қосымша қоспалар

Дереккөз: OECD GD 318; OSHA dust guidance

Ауаға әсері және атмосферадағы таралуы

Шаң түзілу көздері

- Құрғақ ұнтақты тиеу және өлшеу
- Транспорт, араластыру, диспергирлеу
- Сүзгі ақаулары және өндірістік шығарындылар
- Композитті кесу, тегістеу, қайта өңдеу

Әсердің айнымалылығы

- Аэрозоль фракциясын өлшеу керек
- Агрегаттар ауада іріленуі немесе таралуы мүмкін
- Тұну, желмен тасымал және беттік шөгу маңызды
- Carbon black шығарындыларын барлық «black carbon» түгендеуімен теңестіруге болмайды

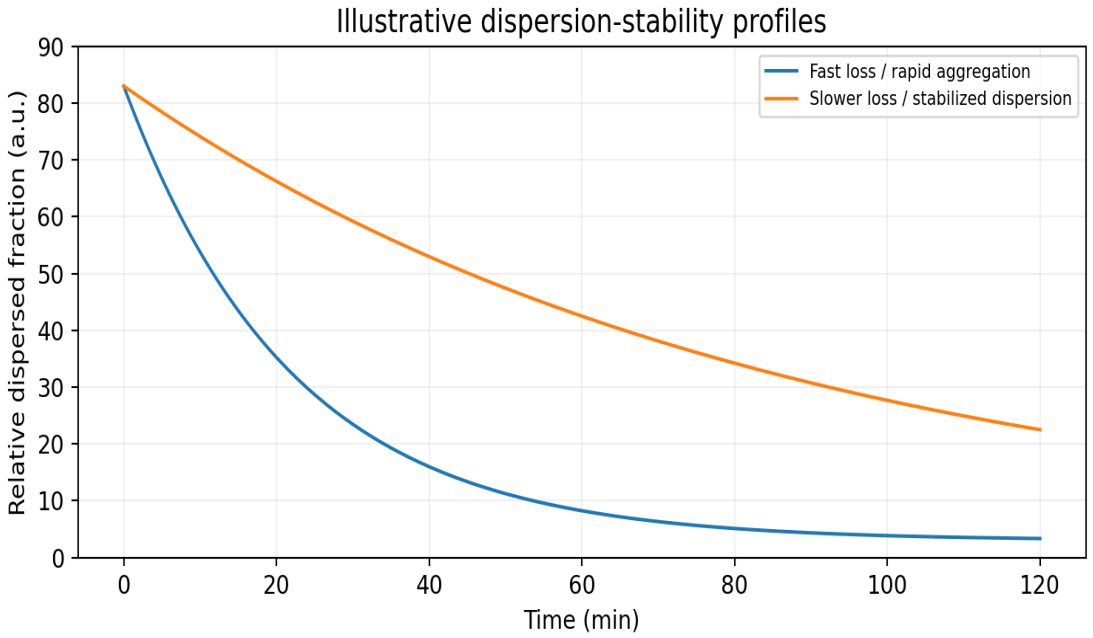
Дереккөз: NIOSH; IARC; OSHA

Су ортасындағы тұрақтылық және агрегатталу

Негізгі факторлар

- pH және иондық күш
- Табиғи органикалық заттар
- БАЗ және беттік модификаторлар
- Араластыру, жарық, температура
- Бөлшек концентрациясы

Зерттеу қажет: гидродинамикалық өлшем, ζ-потенциал, тұну жылдамдығы.



Графиктің мәртебесі

Схемалық қисықтар; эксперименттік өлшем емес.

Дереккөз: OECD GD 318 (2020); DOI: 10.1787/f0539ec5-en

Топырақтағы мінез-құлқы

Мүмкін процестер

• Топырақ түйіршіктеріне және органикалық заттарға сорбция

• Кеуек кеңістігінде механикалық ұсталып қалу

• Су ағынымен ықтимал көшу

• Функционалданған бөлшектердің басқа миграциялық қасиеті

Бағалаудың шарттары

• Топырақ түрін, pH және органикалық көміртекті тіркеу

• Бөлшектердің агрегациясын сипаттау

• Элюат/сүзінді және қатты фазаны бөлек талдау

• Жалпы қара түсті бөлшектерді «carbon black» деп автоматты есептемеу

Дереккөз: OECD GD 318; environmental fate methodology

Ластағыштарды тасымалдаушы ретіндегі рөлі

ПАК/ПАУ

Гидрофобты органикалық қосылыстардың бетке адсорбциясы

Металдар

Тотыққан топтар мен беттік кешендер ықтимал

БАЗ

Беттік әрекеттесу мен дисперсияның өзгеруі

Сорбция ықтималдығы ≠ нақты экологиялық уыттылық: десорбция мен биожетімділік тексеріледі.

Зерттеу дизайны

Бақылау үлгісі + бос материал + модификатор бақылауы + мақсатты ластағыш

Дереккөз: Материалдың беткі сорбциялық қасиеттері бойынша түсіндірме

Адам организміне түсу жолдары

Экспозиция жолдары

- Ингаляция: басым өндірістік сценарий
- Көз және теріге жанасу
- Кездейсоқ жұту, ластанған қол/бет
- Дайын полимер ішінде байланысқан бөлшек пен бос ұнтақ экспозициясы әртүрлі

Клиникалық және кәсіби мәні

- Жөтел, көздің механикалық тітіркенуі
- Қайталанатын жоғары экспозицияда өкпеге әсер ықтималдығы
- Нәтиже дозаға, бөлшек құрамына және әсер ету уақытына тәуелді
- Қоспалар (ПАУ) жеке қарастырылады

Дереккөз: NIOSH Pocket Guide; ICSC 0471

Канцерогендік қауіпті бағалау: IARC топтамасы

IARC: 2B тобы

Carbon black — адамға канцероген болуы мүмкін зат (Group 2B).

Негіздеме: адамдағы дәлел жеткіліксіз, эксперименттік жануарларда жеткілікті деп бағаланған.

Қалай дұрыс түсіндіріледі?

- 2B — әр адамда қатерлі ісік тудырады деген тұжырым емес
- Қауіп (hazard) пен нақты тәуекел (risk) бөлек
- Нақты тәуекелді доза, жол, уақыт және бақылау шаралары анықтайды

Ғылыми тұжырым: кәсіби ингаляциялық экспозицияны азайту маңызды.

Дереккөз: IARC Monographs 93 (2010); advisory review (2019)

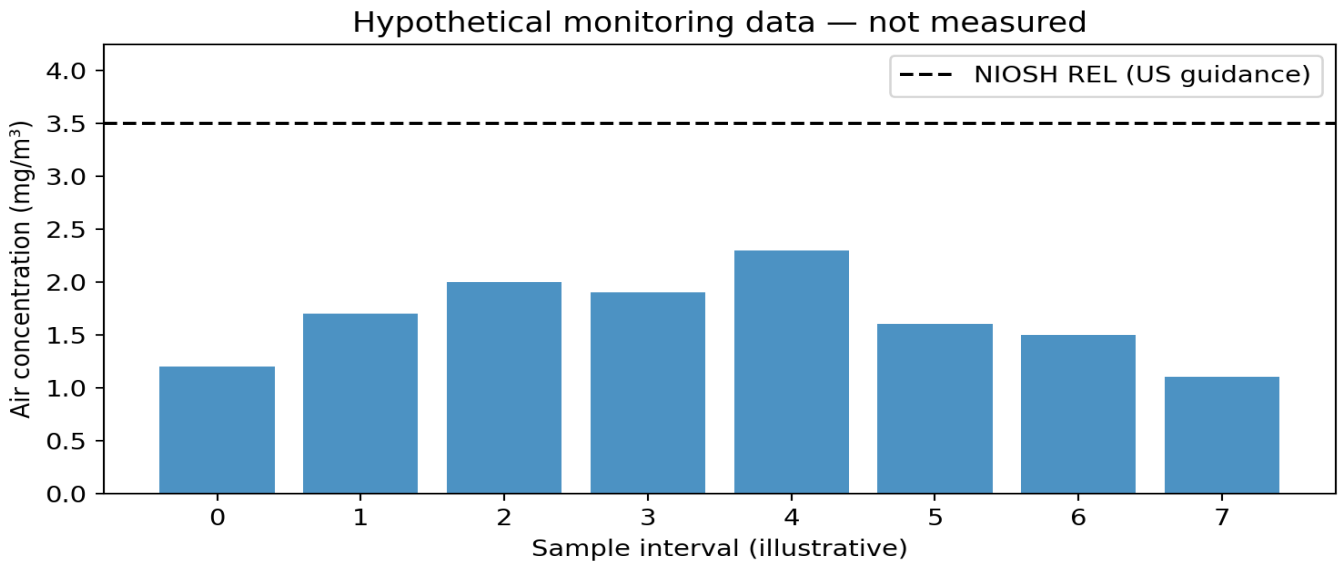
Жұмыс ауасындағы концентрация: АҚШ анықтамалық шектері

NIOSH REL (АҚШ)

3,5 мг/м³: уақыт бойынша орташа ұсынылатын экспозиция (10 сағаттық TWA).

OSHA PEL (АҚШ)

3,5 мг/м³: 8 сағаттық TWA шегі. ПАК бар үлгіге бөлек NIOSH ережесі бар.



Маңызды шектеу

Бұл графиктегі сандар — оқу мысалы. АҚШ шегін Қазақстанның ұлттық нормативі деп қабылдауға болмайды. Өндірісте қолданылатын ұлттық талаптарды бөлек тексеру керек.

Дереккөз: NIOSH Pocket Guide: Carbon black; OSHA PEL

Экспозицияны есептеу: уақыттық орташа концентрация

$$TWA = \Sigma(C_i \times t_i) / \Sigma t_i$$

Оқу мысалы

2 сағатта 2,0 мг/м³, 4 сағатта 1,0 мг/м³, 2 сағатта 0,5 мг/м³:

TWA = (2×2 + 4×1 + 2×0,5) / 8 = 1,125 мг/м³.

Нәтижені түсіндіру

Мысалдағы 8 сағаттық TWA = 1,125 мг/м³.

Бұл бір ғана оқу есебі; шаң фракциясы, талдау әдісі және нақты еңбек жағдайы есепке алынуы тиіс.

Дереккөз: NIOSH TWA ұғымы

Уыттылықты бағалау кезіндегі әдістемелік қателер

Жиі кездесетін қателер

- Массалық концентрацияны ғана көрсету
- Агрегат өлшемі мен беткі ауданды елемеу
- Еріткіш/диспергатор бақылауының болмауы
- Бос материал мен композитті теңестіру
- ПАК қалдығын бағаламау

Дұрыс эксперимент дизайны

- Доза: масса, бөлшек саны, беткі аудан
- Экспозицияның ұзақтығы, ортаның pH-ы
- Бөлшек құрамын XPS, FTIR, Raman арқылы тексеру
- Жасушалық бақылаулар, өміршеңдік, қабыну маркерлері
- Қорытындыны нақты материалға шектеу

Дереккөз: IARC; OECD nanomaterial guidance

Сынама алудың және зерттеудің аналитикалық әдістері

Нысан	Әдіс	Нәтиже / шектеу
Ауа шаңы	Жеке ауа сынамасы, гравиметрия	мг/м³; басқа шаңнан ажырату маңызды
Бөлшек морфологиясы	SEM, TEM	Агрегат геометриясы; сынама дайындауға тәуелді
Сулы дисперсия	DLS, ζ-потенциал, UV–Vis	Гидродинамикалық өлшем; тұну/агрегация
Беттік химия	FTIR, XPS, Raman	Функционалдық топтар мен құрылым
Органикалық қоспа	Экстракция + GC–MS / HPLC	ПАК түрлерін бөлек анықтау
Сулану	Жанасу бұрышы	Бет текстурасы және үлгі дайындау әсері

Дереккөз: NIOSH 5000; OECD GD 318; ICSC 0471

Гидрофобтылық және қауіпсіздік арасындағы байланыс

Функционалдық артықшылықтар

- Гидрофобты бет суда нашар суланады
- Сұйықтық бетіндегі қалқу немесе агрегация мүмкін
- Жоғары жанасу бұрышы белгілі жабындар үшін пайдалы
- Сулы жуу әрдайым жеткілікті емес

Қауіпсіздікке қатысты нюанс

- Шаңның ауада таралуын жанасу бұрышы анықтамайды
- Су жұқтырмауы — биологиялық инерттілік дәлелі емес
- Беттік модификатордың өзін бағалау керек
- Диспергирлеу технологиясының қауіпін есептеу қажет

Дереккөз: OECD GD 318; surface science fundamentals

Ұнтақ шаңының жану және жарылу қаупі

Отын

Ұсақ жанғыш бөлшек

Тотықтырғыш

Ауадағы O_2

Тұтану

Ұшқын / қызған бет

Дисперсия

Шаң бұлты

Шектелген кеңістік

Жабдық / құбыр

Қауіп нақты материал маркасы, ылғалдылық, гранулометрия және шаңдану жағдайына тәуелді.

Басқару шаралары

Герметизация • шаң сорғыш • статикалық электрден қорғау • тұтану көздерін шектеу

Дереккөз: OSHA Hazard Communication Guidance for Combustible Dusts

Еңбек қауіпсіздігі: қорғану шаралары иерархиясы

Алдымен инженерлік бақылау

1. Құрғақ ұнтақты мүмкіндігінше аз қолдану
2. Тұйық дозалау және тасымалдау
3. Жергілікті сорып шығару және сүзгілеу
4. Жұмыс орнын ұдайы тазалау
5. Ауа мониторингі мен жабдық күтімі

Жеке қорғаныс пен тәртіп

- Респиратор — тәуекел бағасына сай қосымша қорғаныс
- Қолғап, қорғаныш көзілдірік, арнайы киім
- Қысылған ауамен шаңды үрлемеу
- Төгілуді шаң көтермей жинау
- Қалдықты таңбаланған жабық ыдыста сақтау

Дереккөз: OSHA combustible dust; NIOSH Pocket Guide

Экологиялық және еңбек мониторингінің жоспары

Нүкте	Не өлшенеді?	Жиілік / түсініктеме
Реактор шығуы	Шаң, сүзгі тиімділігі	Процеске сәйкес тұрақты/мерзімді
Қаптау учаскесі	Жеке ауа үлгісі, TWA	Жұмысшы экспозициясы
Ағын су	pH, лайлылық, көміртекті бөлшек	Үлгі матрицасына бейімделеді
Қалдық алаңы	Шаң, төгінді, ағынды су	Кезеңдік бақылау
Дайын өнім	Бөлшектің босап шығуы	Тозу, жуу, пайдалану сценарийі

Дереккөз: OECD GD 318; NIOSH Methods; local applicable regulations

Қалдықтарды өңдеу және жабық циклге көшу

1. Бөлектеу

Қатты, сұйық, сүзгі қалдығы

2. Сипаттау

ПАК, модификатор, қоспалар

3. Қайта пайдалану

Тек сапасы расталса

4. Жою/өткізу

Жергілікті талап бойынша

Қолданыста болған сорбент пен таза carbon black қалдығының қауіптілік профилі бірдей емес.

Дереккөз: OSHA dust guidance; life-cycle approach

Өмірлік циклді бағалау: LCA логикасы

Шикізат

Көмірсутек және энергия

Өндіру

Шығарындылар, су

Модификация

Еріткіштер, реагенттер

Қолдану

Пайда, босап шығу

Қалдық

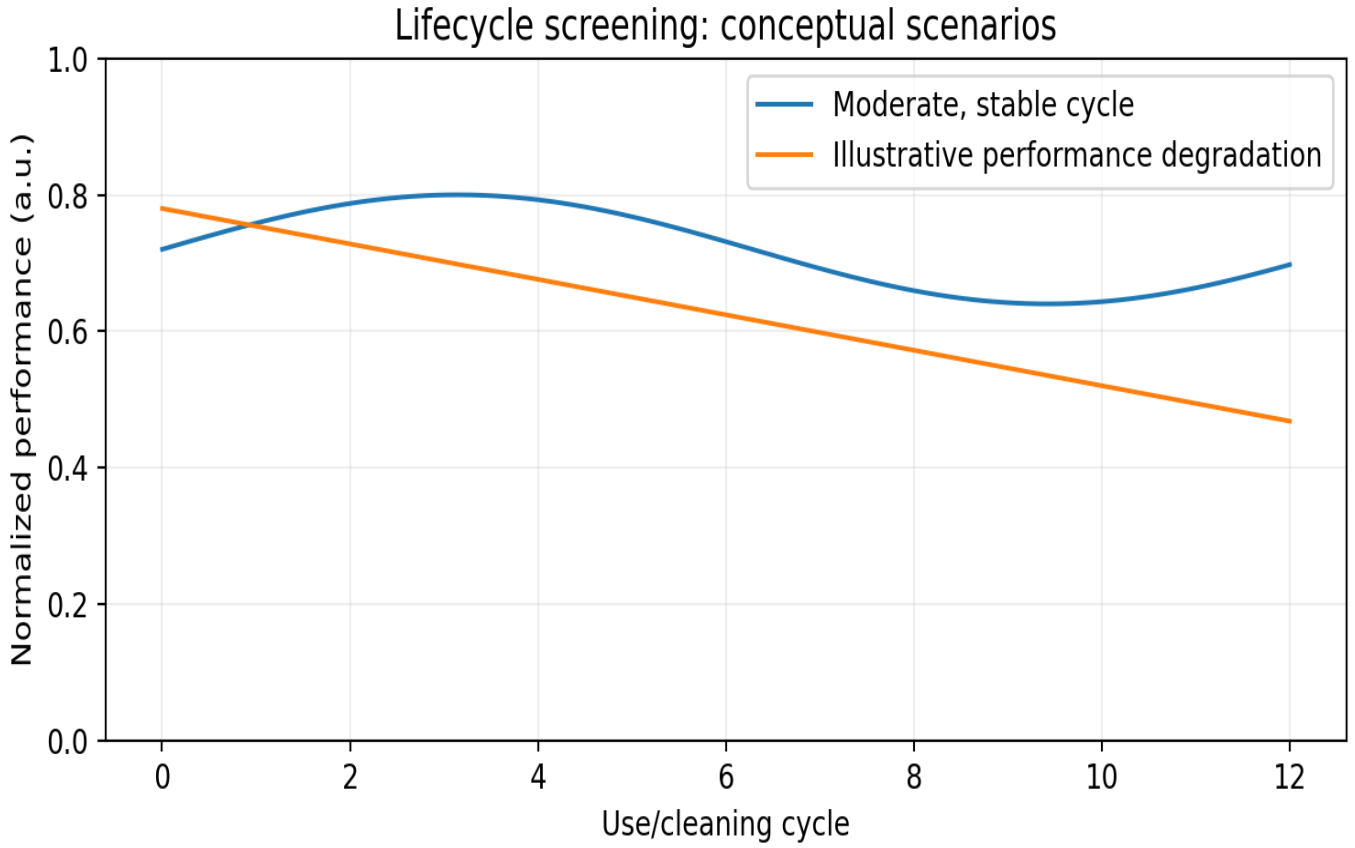
Қайта өңдеу/жою

Есеп шекарасы және функционалдық бірлік

Мысалы: 1 кг дайын гидрофобты толтырғыш немесе белгілі мерзім қызмет ететін 1 м² жабын. Салыстыру дәл осы бірлікте жасалады.

Дереккөз: ISO 14040/14044 әдіснамасының жалпы қағидалары

Өмірлік цикл мен қайта қолданудың компромисі



Шешім критерийлері

- Қалпына келтіру кезіндегі энергия
- Функционалдық қасиетті сақтау
- Босап шығу және тозу
- Еріткіш пен реагент жұмсалуы
- Шикізатты алмастыру пайдасы

График: теориялық, нақты өндірістік өлшем емес.

Дереккөз: Схемалық модельдік график

Өндірістік кейс: ұнтақты композитке қосу

Жағдай

Полимерге 5 масс.% гидрофобты carbon black қосылады. Ұнтақ құрғақ өлшенеді және араластырғышқа салынады.

Тәуекел: өлшеу кезеңінде ұсақ шаң пайда болады; араластырғышта статикалық заряд жиналуы мүмкін.

Шешімдердің реті

1. Жабық дозалау жүйесін қарастыру
2. Жергілікті сорғыш және сүзгі
3. Жерге қосу, тұтану көздерін бақылау
4. Жеке ауа сынамасы; TWA
5. Жеке қорғаныс және оқу
6. Жоспарлы тазалау мен тексеру

Талқылау: өнімділікті сақтап, шаң шығуын қандай тәсілмен азайтамыз?

Дереккөз: OSHA; NIOSH occupational risk guidance

Бақылау сұрақтары және практикалық тапсырма

Теориялық сұрақтар

1. Carbon black пен атмосфералық black carbon айырмашылығы неде?
2. Гидрофобтылық судағы тұрақтылықты қалай өзгертеді?
3. IARC 2B нені білдіреді?
4. Инженерлік қорғаныс неге ЖҚҚ-дан бұрын тұрады?
5. Қалдықтағы ПАК-ты неге бөлек зерттейміз?

Тапсырма

8 сағатта өлшенген шаң концентрациялары:

- 3 сағ — 0,8 мг/м³
- 3 сағ — 1,5 мг/м³
- 2 сағ — 2,4 мг/м³

TWA есептеңіз; АҚШ NIOSH REL-мен тек оқу мақсатында салыстырыңыз.

Жауап: (2,4 + 4,5 + 4,8)/8 = 1,4625 мг/м³.

Негізгі қорытындылар

1. Гидрофобты күйе — қасиеті беткі химиямен реттелетін өнеркәсіптік материал.

2. Экологиялық мінез-құлық агрегация, pH, БАЗ және орта құрамына тәуелді.

3. Ингаляциялық әсерді және өндірістік шаңды бақылау — басым міндет.

4. Қауіптілік жіктемесі нақты экспозиция мен тәуекелді алмастырмайды.

5. Таза материал, модификатор және пайдаланылған қалдық бірге бағаланады.

Дереккөз: IARC; NIOSH; OECD; OSHA

Негізгі әдебиеттер I: денсаулық және кәсіби қауіпсіздік

1. IARC (2010). Carbon Black, Titanium Dioxide, and Talc. Monographs Vol. 93.

https://publications.iarc.fr/

2. NIOSH. Pocket Guide to Chemical Hazards: Carbon black (CAS 1333-86-4).

https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0102.html

3. WHO/ILO. International Chemical Safety Card 0471: Carbon Black.

https://www.inchem.org/documents/icsc/icsc/eics0471.htm

4. OSHA. Hazard Communication Guidance for Combustible Dusts (3371).

https://www.osha.gov/publications/3371combustible-dust

5. Health Canada. Hazardous Substance Assessment: Carbon Black.

https://www.canada.ca/en/health-canada/services/environmental-workplace-health/occupational-health-safety/workplace-hazardous-materials-information-system/hazardous-substance-assessments/carbon-black.html

Негізгі әдебиеттер II: экология және әдістеме

6. OECD (2020). Guidance Document No. 318: Dissolution and Dispersion Stability of Nanomaterials.

https://doi.org/10.1787/f0539ec5-en

7. IARC (2019). Advisory Group Report for priorities of IARC Monographs 2020–2024.

https://monographs.iarc.who.int/wp-content/uploads/2019/10/IARCMonographs-AGReport-Priorities_2020-2024.pdf

8. OSHA. Combustible Dust — A hazard and prevention guidance.

https://www.osha.gov/combustible-dust/guidance

9. NIOSH. Supplementary Exposure Limits — Carbon Black and PAHs.

https://www.cdc.gov/niosh/npg/nengapdxc.html

10. ISO 14040 / ISO 14044. Environmental management — Life cycle assessment.

https://www.iso.org/