

FTAMP 87.33.33

С.С. Кудрявцев¹ – негізгі автор, ©
П.В. Емелин², М.Т. Курбанов³, А.А. Рахимберлина⁴



¹Биол. ғылым. канд., доцент, ²Техн. ғылым. д-ры,
³Техн. ғылым. канд., доцент, ⁴Докторант

ORCID

¹<https://orcid.org/0000-0002-7232-6304> ²<https://orcid.org/0000-0001-7431-0069>
³<https://orcid.org/0000-0003-2526-9527> ⁴<https://orcid.org/0000-0002-5310-5944>



^{1,4}Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті,
Қарағанды, Қазақстан
²ЖШС «ДӨБҰАК БАО», Қарағанды, Қазақстан
³Бұхара инженерлік-технологиялық институты,
Бұхара, Өзбекстан Республикасы



¹altuwa1986@mail.ru

<https://doi.org/10.55956/GOFP1686>

ХИМИЯЛЫҚ ҚАУІПТІ ОБЪЕКТІНІҢ ЖҰМЫС ІСТЕУІМЕН БАЙЛАНЫСТЫ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ТӘУЕКЕЛДІ БАҒАЛАУДА ҚОРШАҒАН ОРТАНЫҢ ОСАЛДЫҚ КӨРСЕТКІШІНІҢ РӨЛІ

Аңдатпа. Елді индустрияландырудың жоғары қарқыны химиялық қауіпті объектілері бар жұмыс істеп тұрған және жобаланатын кәсіпорындардың қоршаған ортаға қауіп-қатерін бағалауды ерекше өзекті етеді. Сонымен қатар, химиялық қауіпті объектідегі апаттың әсер ететін факторларынан қоршаған ортаның осалдығы қауіпті априорлық бағалау кезінде қолданылатын маңызды көрсеткіш болып табылады. Зерттеудің мақсаты химиялық қауіпті объектілердегі техногендік төтенше жағдайлардың әсер ететін факторларынан қоршаған ортаның осалдығын сипаттайтын көптеген критерийлік параметрлерді анықтау болып табылады. Зерттеуде сараптамалық бағалау әдісі қолданылды. Экологиялық тәуекел объектілері орналасқан жеріне қарай екі санатқа бөлінді: құрлықта және су ортасында. Жер учаскесі үшін химиялық қауіпті объектіден қоршаған ортаның осалдығын сипаттайтын кластерге 4 критерийлік параметр, ал су ортасы үшін ұқсас кластерге 5 критерийлік параметр кіреді. Сондай-ақ, сараптамалық зерттеу барысында осы кластерлердегі салмақ коэффициенттері бөлініп, олардың қоршаған орта объектілерінің осалдығына үлестік үлесі анықталды.

Тірек сөздер: химиялық қауіпті объект, апаттық химиялық қауіпті зат, тәуекелді бағалау, экологиялық тәуекел, химиялық қауіпсіздік, экологиялық қауіпсіздік, өнеркәсіптік қауіпсіздік.



Кудрявцев, С.С. Химиялық қауіпті объектінің жұмыс істеуімен байланысты экологиялық тәуекелді бағалауда қоршаған ортаның осалдық көрсеткішінің рөлі [Мәтін] / С.С. Кудрявцев, П.В. Емелин, М.Т. Курбанов, А.А. Рахимберлина // Механика және технологиялар / Ғылыми журнал. – 2025. – №4(90). – Б.407-417. <https://doi.org/10.55956/GOFP1686>

Кіріспе. 2020 жылғы жағдай бойынша Қазақстан Республикасының аумағында 186 химиялық қауіпті объект (ХҚО) жұмыс істеді және жыл сайын елді индустрияландырудың дамуымен олардың саны да өсуде. ХҚО қызметі тәуекелдердің кең спектрімен байланысты: апаттар, халықтың және

қызметкерлердің өмірі мен денсаулығы үшін, әлеуметтік, экономикалық және экологиялық. Аталған тәуекелдердің ішінде соңғысын ерекше атап өту керек. Физика-химиялық және токсикологиялық қасиеттері бойынша әртүрлі апаттық химиялық қауіпті заттармен (АХҚЗ) қатар, олардың көпшілігі экотоксиканттар болып табылады, экологиялық тәуекел деңгейі негізінен ХҚО-дегі технологиялық процестердің қауіпсіздігіне байланысты [1].

Сонымен, 2000 жылдың 30 қаңтарында Румынияның солтүстік-батысындағы Байа-Маре-Ауру алтын кенішінің бөгеті бұзылды [2]. Нәтижесінде көршілес Венгриядағы ең ірі өзендердің бірі Тиса өзенінің Лапус пен Сомеш салаларына цианидтері бар 100 000 текше метр ағынды сулар кірді.

Су сынамаларында цианидтердің шекті рұқсат етілген концентрациясының 100 есе артуы байқалды. Одан әрі цианидтер Сербия, Болгария және Румыния арқылы өтетін Дунай өзеніне жетті. Осылайша, осы АХҚЗ таралуының трансшекаралық сипаты төтенше жағдайдың (ТЖ) жаһандық ауқымын анықтады. Өзеннің жекелеген учаскелерінде балық қорының 100%-ға дейін өлді, құстар мен сүтқоректілердің балық жейтін түрлерінің жаппай қырылу жағдайлары байқалды.

Осы апаттың себептерін тергеу бөгетті жобалау және салу кезінде тәуекелді бағалау дұрыс жүргізілмегенін көрсетті, сондықтан ТЖ осы гидротехникалық құрылысты пайдалану басталғаннан кейін 2 жылдан аз уақыт өткен соң орын алды. Нәтижесінде төгілудің жоғарылауы бөгеттің бұзылуына және өзенге байыту қалдықтарының түсуіне әкелді.

Көріп отырғанымыздай, өнеркәсіптік кәсіпорындар санының өсуімен ХҚО-ден қоршаған ортаға қауіп-қатерді оны жобалау сатысында бағалауға мүмкіндік беретін әдістер ерекше өзектілікке ие болады. Классикалық мағынада тәуекел екі категорияның арақатынасы ретінде қарастырылады: белгілі бір зиян түріне әкелетін жағымсыз оқиғалардың жиілігі және осы жағымсыз оқиғалардың келтірген зиянының ауырлығы [3]. Зиянның ауырлығы негізінен осалдыққа (өндірістік объект, персонал, халық, қоршаған орта және т.б.) байланысты болады деп ойлау қисынды. Осалдықтың жалпы қабылданған анықтамасы болмаса да, оның әртүрлі контексттерде маңызы зор. N. Khakzad және авторлар қайта өңдеу өнеркәсібінің кәсіпорындарын зерттей отырып, осалдықты табиғи немесе антропогендік бұзылулардан туындаған ықтимал зиян немесе зиян ретінде, сондай-ақ осы салаға тән сезімталдық және осындай бұзылуларға бейімделу ретінде қарастырады [4]. Қазіргі зерттеушілер [5,6] осалдық ұғымы біршама кеңірек көрінеді және оған сезімталдық, тұрақтылық, сезімталдық және бейімделу кіреді деп санайды. Осалдық-бұл тәуекелді мұқият және көп өлшемді талдауды қажет ететін көп қырлы ұғым.

Соңғы онжылдықтарда өңдеу өнеркәсібіндегі осалдықты бағалаудың көптеген әдістері мен тәсілдері пайда болды [7,8]. Бұл әдістемелер әртүрлі қолдану салаларын, күрделілігі мен қолданылуын көрсетеді, оларды жетілдірудің нәтижесі экологиялық тәуекелді бағалау әдістерінің сенімділігін арттыру болуы мүмкін. Демек, ең тиімді және сенімді әдістер мен тәсілдерді анықтау мақсатында өңдеу өнеркәсібіндегі осалдықты бағалау үшін қолданыстағы әдебиеттерді кешенді шолу және синтездеу қажет.

Зерттеудің мақсаты – ХҚО-дегі техногендік ТЖ әсер ететін факторларынан қоршаған ортаның осалдығын сипаттайтын көптеген критерийлік параметрлерді анықтау.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Қоршаған ортаның осалдығын анықтайтын көптеген сәйкес келмейтін факторлар біздің әдістемемізде сараптамалық бағалау әдісін қолдануды өзекті етеді.

Бұл әдістің мәні сарапшылардың пікірлері мен болжамдарын ұйымдасқан түрде жинау, содан кейін алынған жауаптарды өңдеу және нәтижелерді қалыптастыру болып табылады. Біздің зерттеу тобымыз сараптамалық зерттеудің пәндік саласы мен мақсатын анықтады. Сараптамалық сауалнаманың мақсаты критериалды параметрлердің тізбесін, олардың әсер ету дәрежесін және ХҚО-дегі техногендік сипаттағы ТЖ экологиялық салдарын бағалау үшін олардың мәндерінің маңыздылығын анықтау болып табылады.

Сарапшыларды іріктеу кезінде үміткерлердің негізгі тізімі, содан кейін алдын-ала және түпкілікті тізім жасалды. Сараптама тобының құрамына кандидаттардың базалық тізімін қалыптастыру "қарлы кома" классикалық әдісі бойынша жүргізілді. Сарапшылардың қорытынды тізіміне осы салада орташа жұмыс өтілі 14,5 жыл өнеркәсіптік, химиялық, экологиялық қауіпсіздік саласындағы жоғары білікті 27 маман кірді.

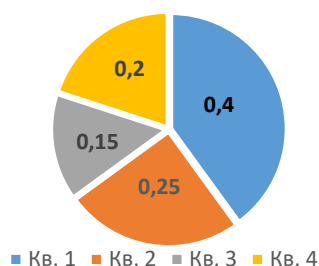
Зерттеу барысында әр сарапшы қоршаған ортаның осалдығын, сондай-ақ олардың мүмкін болатын мәндерін анықтайтын критерийлік параметрлер тізімін қамтитын кластер әзірледі. Сарапшылардан критерийлік параметрлер тізімдері және олардың мүмкін мәндері бар барлық қажетті кластерлерді ала отырып, зерттеу тобы қорытынды сауалнамалар үшін критерийлік параметрлердің бірыңғай тізімін жасады. Қорытынды сауалнамаларды пайдалана отырып, ХҚО ТЖ экологиялық салдарын болжау мақсатында осалдық көрсеткішін анықтау үшін әрбір критерий параметрінің әсер ету дәрежесі мен көрінісі туралы ақпарат жиналады. Сауалнама жүргізу үшін әмбебап лингвистикалық шкала түріндегі балдық жүйе қолданылды. Шкаланың көмегімен бастапқы мәліметтерді сапалық және сандық түрде стандарттауға болады. Осы кезеңде сарапшылар 0-ден 9-ға дейінгі балл шкаласын қолдана отырып, өз тәжірибелеріне сүйене отырып, қоршаған ортаның осалдығы көрсеткішін есептеу үшін әрбір критериалды параметрдің үлес салмағын одан әрі анықтау мақсатында критериалды параметрлерді ХҚО-дегі ТЖ-ның экологиялық салдарына әсер ету дәрежесі бойынша бағалады. Критериалды параметр мәнінің әсерінің болмауы «0» бағасына сәйкес келеді. Критериалды параметр мәнінің максималды әсері «9» бағасына сәйкес келеді. Осыдан кейін зерттеу тобы сарапшылардың пікірлерінің сәйкестік дәрежесін анықтау, қорытынды балдық бағаларды белгілеу мақсатында статистикалық талдау және сараптамалық бағалауларды өңдеу жүргізді. Нәтижесінде параметрлердің салмақ коэффициенттері анықталды және критериалды параметрлердің барлық рұқсат етілген мәндері үшін қорытынды бағалар белгіленді. Сараптамалық бағалау нәтижелерінің көмегімен критериалды параметрлердің әрқайсысы үшін салмақ коэффициенттері есептеледі:

$$w_j = \frac{\bar{g}_j}{\sum_{j=1}^n \bar{g}_j}, \quad (1)$$

мұндағы: w_j – j -ші критерийлік параметрдің үлес салмағы; $\bar{g}_j$ – j -ші параметр сарапшыларының бағалауының орташа арифметикалық балы; n – критерийлік параметрлер саны.

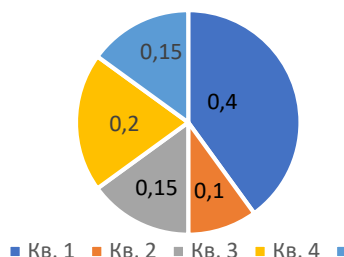
Критерийлік параметрлердің алынған салмақ коэффициенттері бұдан әрі қоршаған ортаның осалдығы көрсеткішін ХҚО есептеу бойынша көп факторлы тәуелділіктерді әзірлеу үшін пайдаланылды.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Сараптамалық зерттеу нәтижелері көрсеткендей, объектінің қандай ортада орналасқандығына байланысты, ХҚО-ге ТЖ зақымдайтын факторларының әсері зерттелетін болады, ХҚО-ден қоршаған ортаның осалдығы көрсеткішін жер учаскесі (топырақ), объект және су ортасы үшін бөлек қарастырған жөн. Нәтижесінде, ХҚО-ден жер учаскесіне (топыраққа), объектіге қоршаған ортаның осалдығын сипаттайтын кластер төрт критериймен, ал су ортасы үшін бес өлшеммен ұсынылған. 1 және 2-суреттерде осы кластерлердегі салмақ коэффициенттерінің таралуы көрсетілген. Қауіпті объектінің табылуына қарамастан, химиялық қауіпті объектіден қоршаған ортаның осалдығы кластерінің жиынтық салмағы 1-ге тең.



- — қарастырылып отырған жер учаскесіне (топыраққа), объектіге дейінгі қашықтықтың маңыздылығы;
- — жер бетінің көлбеуінің маңыздылығы;
- — топырақтың су өткізгіштік дәрежесінің маңыздылығы;
- — жер учаскесін (топырақты), объектіні тағайындаудың маңыздылығы.

Сурет 1. Жер учаскесі (топырақ), объект үшін ХҚО-ден қоршаған ортаның осалдығы көрсеткішін сипаттайтын кластердің критерийлік параметрлері бойынша салмақ коэффициенттерін бөлу



- — қарастылып отырған ұнғымаға, көлге немесе су ағынына дейінгі қашықтықтың маңыздылығы;
- — жер асты суларының бетіне дейінгі тереңдіктің маңыздылығы;
- — жер асты сулары бетінің көлбеуінің маңыздылығы және ағынның бағыты;
- — топырақтың өткізгіштік дәрежесінің маңыздылығы;
- — су қойманың мақсатының маңыздылығы.

Сурет 2. Су ортасы үшін ХҚО-ден қоршаған ортаның осалдығы көрсеткішін сипаттайтын кластердің критерийлік параметрлері бойынша салмақ коэффициенттерін бөлу

Суреттерде көрсетілген критерийлік параметрлерді ХҚО-ден қоршаған ортаның осалдығының дескрипторлары ретінде таңдау себептерін қарастырамыз.

Қарастырылып отырған объектіге дейінгі қашықтық. Бағаланатын нүкте қарастырылып отырған жер учаскесіне немесе су ағынына неғұрлым жақын болса, ластаушы заттардың жер үсті суларына түсу және оларды айтарлықтай қашықтыққа тасымалдау ықтималдығы соғұрлым жоғары болады [1].

1-кестеде АХҚЗ ықтимал ағып кету орнынан қарастырылып отырған объектіге дейінгі қашықтықтың градациясы көрсетілген.

Кесте 1

Қарастырылып отырған объектіге (ұңғымаға, көлге немесе су ағынына) дейінгі қашықтық

Ұпай	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Қашықтық, м	0-10	10-20	20-35	35-50	50-75	75-150	150-300	300-1000	1000-2000	> 2000

АХҚЗ ықтимал таралуының есептік мәні [9] сәйкес анықталуы мүмкін. Құбыр бұзылған кезде ағып кеткен сұйықтықтың көлемі формула бойынша анықталады:

$$V = 0.79 \cdot D^2 \cdot L, \quad (2)$$

мұндағы: D – құбырдың диаметрі, м; L – көршілес кесінділер арасындағы кесіндінің ұзындығы, м.

Төгілудің сызықтық мөлшері ағып кеткен сұйықтықтың көлеміне және таралу жағдайларына байланысты. Еркін таралу кезінде төгілу диаметрін [10] қатынасынан анықтауға болады:

$$d = \sqrt{25,5 \cdot V}, \quad (3)$$

мұндағы: d – төгілу диаметрі, м; V – сұйықтық көлемі, м³.

Егер қарастырылып отырған объектіге қарай көлбеу болса, онда төгілу диаметрі келесідей анықталады:

$$C = \sqrt[3]{A^2 + d^2}, \quad (4)$$

мұндағы: A – ХҚО мен зерттеу объектісі арасындағы биіктік айырмашылығы, м; C – көлбеу бұрышындағы есептік қашықтық, м.

Егер қарастырылып отырған объектіге/ (ұңғымаға, көлге немесе су ағынына) дейінгі арақашықтық АХҚЗ ықтимал таралуының есептік мәнінен немесе 1-кестенің мәнінен артық болса, онда осы химиялық қауіпті зат осы объектіге экологиялық зиян келтіре алмайтынын қабылдаймыз. Тиісінше, берілген объект үшін ХҚО-ден қоршаған ортаның осалдығы көрсеткіші нөлге тең деп қабылданады. І-ші жер учаскесі (топырақ), объект немесе су ортасы үшін химиялық қауіпті объектіден қоршаған ортаның осалдық дәрежесі «жоқ».

Жер асты суларының бетіне дейінгі тереңдік. Жер асты суларының деңгейі неғұрлым жоғары болса, олар оның гидродинамикалық көрсеткіштеріне соғұрлым белсенді әсер етеді [1].

2-кестеде АХҚЗ ағып кетуі мүмкін жерден жер асты суларының бетіне дейін топырақ тереңдігінің градациясы көрсетілген.

Кесте 2

Жер асты суларының бетіне дейінгі тереңдік [11]

Ұпай	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Қашықтық, м	0-0,2	0,2-1	1-3	3-5	5-7	7-12	12-20	20-30	30-60	> 60

Жер асты суларының бетінің көлбеуі және ағынның бағыты. Бұл параметр тұтастай алғанда ластаушы заттардың көші-қон қабілетін анықтайды. Көлбеу шамасының жоғарылауымен әр түрлі көлбеу процестер белсенді бола бастайды, бұл экологиялық әсердің нәтижелеріне айтарлықтай әсер етуі мүмкін [1].

3-кестеде жер бетінің көлбеуін/ АХҚЗ ағып кетуі мүмкін жердегі су ағынының бағытын сипаттайтын градация көрсетілген.

Кесте 3

Жер бетінің көлбеуі/ (жер асты сулары және ағын бағыты)

Ұпай	5	1	0
	Беті ұңғыманың, көлдің немесе су ағынының объектісіне/жер асты суларына қарай қисайған	Беті объектіге/жер асты суларына қарай көлденең	Беті объектіге / ұңғымаға қарай қисаймаған, көл немесе су ағыны жер асты суларының бағытынан 1 км шегінде жатпайды

Топырақтың су өткізгіштік дәрежесі. ГОСТ 25100-95 «Топырақтар. Жіктелуі» стандартына сәйкес [12] су өткізгіштік дәрежесі бойынша топырақтар бес санатқа бөлінеді: су өткізбейтін, су өткізгіштігі төмен, су өткізгіш, жоғары су өткізгіш, өте өткізгіш. Бұл көрсеткіш мөлшерінің өсуімен су объектісімен (ұңғымалар, көлдер немесе су ағыны) тікелей байланысы бар жер асты суларының химиялық ластану қаупі артады. Бұл көрсеткіш неғұрлым жоғары болса, ластаушы заттардың қозғалысы соғұрлым белсенді болады.

4-кестеде АХҚЗ ағып кетуі мүмкін жерде топырақтың суөткізгіштігінің дәрежесін сипаттайтын градация көрсетілген.

Кесте 4

Топырақтың су өткізгіштік дәрежесі

Топырақтың әртүрлілігі	Сүзу коэффициенті, м/ күн	Жер учаскесі (топырақ), объект үшін	Су ортасы үшін
Су өткізбейтін	< 0,005	8	0-1
Су өткізгіштігі төмен	0,005-0,30	6	2
Су өткізгіш	0,30-3	3	3
Жоғары су өткізгіш	3 до 30	2	6
Өте күшті су өткізгіш	> 30	0-1	8

Су қоймасының мақсаты. Ағымдағы жағдайға және су пайдалануды дамыту жоспарларына сүйене отырып, зерттелетін аумақтарды бөлу,

тағайындау мынадай түрде ұсынылады: ауыз су, су шаруашылығы, мәдени-тұрмыстық, табиғи сулы-батпақты жерлер және басқа да типтер. Объектінің осалдығы тиісінше қорғау іс шараларының ауқымына және оның маңыздылық дәрежесіне сәйкес айқындалатын болады [13].

5-кестеде қоршаған орта объектілерінің әкімшілік-шаруашылық белгілері бойынша маңыздылығын сипаттайтын градация көрсетілген.

Кесте 5

Қоршаған ортаның объектілерінің мақсаты (әкімшілік-шаруашылық белгісі бойынша)

Қоршаған ортаны қорғау мақсаттың тағайындау	Ұпайлар
Су ортасы үшін	
Ауыз су	8-9
Су шаруашылық	7-8
Мәдени-тұрмыстық	5-6
Табиғи сулы-батпақты жерлер	4-6
Басқа түрлері	0-2
Жер учаскесі (топырақ), объект үшін	
Табиғи қорық	6-9
Ауыл шаруашылық жерлер	4-6
Пайдаланылмаған жер ресурстары	0-2
Басқа түрлері	0-2

Көптеген критериалды параметрлердің әсер ету дәрежесі $\{m\}$ және олардың мәндерінің маңыздылығы туралы мәліметтер негізінде i -ші жер учаскесі (топырақ), объект немесе су ортасы үшін ХҚО-ден қоршаған ортаның осалдығының көрсеткіші анықталады:

$$OK_i = \sum_{j=1}^m a_j \times y_j, \quad (5)$$

мұндағы: a_j – осалдықтың j -ші критерийлік параметрінің үлес салмағы; y_j – осалдықтың критериалды параметрі мәнінің маңыздылығын балдық бағалау; m – ХҚО-ден қоршаған ортаның осалдығы көрсеткішін бағалау бойынша кластерді құрайтын критерийлік параметрлер саны.

Жоғарыда келтірілген формула бойынша есептелген осалдық көрсеткіші i -ші жер учаскесі (топырақ), объект немесе су ортасы үшін ХҚО-ден қоршаған ортаның осалдық дәрежесіне сәйкес келеді (6-кесте).

Кесте 6

ХҚО-ден қоршаған ортаның осалдық дәрежесін бағалауға арналған шкала

i -ші жер учаскесі (топырақ), объект немесе су ортасы үшін химиялық қауіпті объектіден қоршаған ортаның осалдығы көрсеткішінің интервалдары	i -ші жер учаскесі (топырақ), объект немесе су ортасы үшін химиялық қауіпті объектіден қоршаған ортаның осалдық дәрежесі
$OK_i = 0$	Жоқ
$0 < OK_i \leq 2$	Төмен
$2 < OK_i \leq 4$	Орташа
$4 < OK_i \leq 6$	Маңызды
$6 < OK_i$	Жоғары

Қорытынды. Қазақстан Республикасының аумағында химиялық қауіпті объектілер санының өсуі ықтимал төтенше жағдайлар кезінде олардың қоршаған ортаға әсерін шынайы бағалауға мүмкіндік беретін тәуекелдерді бағалау әдістемелерін әзірлеуді ерекше өзекті етеді. Химиялық қауіпті объектілердің қауіптілігін бағалаудан басқа, төтенше химиялық қауіпті заттарға ұшыраған кезде қоршаған ортаның осалдығын бағалау мәселесі маңызды болып қала береді.

Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, бұл мәселені шешу үшін құрлық пен су ортасында қоршаған орта объектілерінің осалдығына әсер ететін критериялды параметрлер кластерін анықтау тиімді тәсіл болып табылады. Сараптамалық бағалау әдісін қолдану осы критерийлік параметрлерді анықтауға және оларға авариялық химиялық қауіпті заттар әсер еткен кезде қоршаған ортаның осалдығына олардың үлестік үлесін белгілеуге мүмкіндік берді. Ұсынылған тәсіл тәуекелдің классикалық түсінігіне негізделген және қоршаған ортаның осалдығы көрсеткішін салдардың ауырлығының өлшемі ретінде қарастырады. Осы тұжырымдамаға сүйене отырып, осы көрсеткішті химиялық қауіпті объектілердегі жағымсыз оқиғалардың (ТЖ) жиілігін анықтайтын көрсеткішпен салыстыру (мысалы, олардың қауіптілік көрсеткіші) белгілі бір жер учаскесі (топырақ), объект немесе су ортасы үшін химиялық қауіпті объектідегі ТЖ нәтижесінде экологиялық зардаптардың қаупін бағалауға мүмкіндік береді. Географиялық ақпараттық жүйелер мен экологиялық тәуекелді бағалау әдістемесін одан әрі синтездеу химиялық қауіпті объектінің айналасын қоршаған ортаға қауіптілік деңгейіне қарай аймақтарға бөлуге мүмкіндік береді.

Әдебиеттер тізімі

1. Yemelin P.V., Kudryavtsev S.S., Yemelina N.K. The methodological approach to environmental risk assessment from man-made emergencies at chemically hazardous sites // *Environmental Engineering Research*. – 2021. – Vol. 26. – No. 4. – P. 100-111.
2. United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs. The Baia Mare gold mine cyanide spill: causes, impacts and liability. – 2000 [Electronic resource]. – Access mode: <https://reliefweb.int/report/hungary/baia-mare-gold-mine-cyanide-spill-causes-impacts-and-liability>.
3. Khan F., Rathnayaka S., Ahmed S. Methods and models in process safety and risk management: Past, present and future // *Process Safety and Environmental Protection*. – 2015. – Vol. 98. – P. 116-147.
4. Khakzad N., Reniers G., Abbassi R., Khan F. Vulnerability analysis of process plants subject to domino effects // *Reliability Engineering and System Safety*. – 2016. – Vol. 154. – P. 127-136.
5. Emkani M., Yazdi M., Zarei E., et al. Advancing understanding of vulnerability assessment in process industries: A systematic review of methods and approaches // *International Journal of Disaster Risk Reduction*. – 2024. – Vol. 107. – Art. 104479.
6. Zeng T., Chen G., Yang Y., et al. A systematic literature review on safety research related to chemical industrial parks // *Sustainability*. – 2020. – Vol. 12. – No. 14. – Art. 5754.
7. Кесорецких, И.И. Методика оценки уязвимости природных комплексов к антропогенным воздействиям [Текст] / И.И. Кесорецких, С.И. Зотов // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – 2012. – № 1. – С. 51-57.
8. Белов, Н.С. Оценка геоэкологической ситуации в речных бассейнах Калининградской области с применением геоинформационных технологий : дис. ... канд. геогр. наук [Текст] / Н.С. Белов. – Калининград, 2011. – 145 с.

9. Бодриков О.В. Сборник методик по прогнозированию возможных аварий, катастроф, стихийных бедствий в РСЧС. Кн. 2 [Текст] / О.В. Бодриков, А.П. Елохин, Б.В. Рязанцев, В.С. Рыжиков. – М. : МЧС Российской Федерации, 1994. – 23 с.
10. Кудрявцев С.С. Современные научные подходы к определению факторов, влияющих на формирование зоны химического заражения при авариях на химически опасных объектах [Текст] / С.С. Кудрявцев, П.В. Емелин, А.А. Рахимберлина // Труды университета. – 2019. – № 2. – С. 41-46.
11. Environment Directorate of the Organisation for Economic Co-operation and Development. Ageing of hazardous installations. – Paris: OECD Environment, Health and Safety Publications, 2017. – 34 p. (Series on Chemical Accidents, No. 29).
12. ГОСТ 25100-95. Грунты. Классификация [Текст]. – Введ. 1996-07-01. – М.: Стандартинформ, 2005. – 24 с.
13. Shao Ch., Yang J., Tian X., et al. Integrated environmental risk assessment and whole-process management system in chemical industry parks // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2013. – Vol. 10. – P. 1609-1630.

Материал редакцияға 03.04.25 түсті, 30.09.25 қабылданды.

С.С. Кудрявцев¹, П.В. Емелин², М.Т. Курбанов³, А.А. Рахимберлина¹

¹*Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова,
Караганда, Казахстан*

²*ТОО «НАКС ГАЦ», Караганда, Казахстан*

³*Бухарский инженерно-технологический институт,
Бухара, Республика Узбекистан*

РОЛЬ ПОКАЗАТЕЛЯ УЯЗВИМОСТИ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА, СВЯЗАННОГО С ФУНКЦИОНИРОВАНИЕМ ХИМИЧЕСКИ ОПАСНОГО ОБЪЕКТА

Аннотация. Высокий темп индустриализации страны делает особо актуальной оценку риска для окружающей среды как действующих, так и проектируемых предприятий с химически опасными объектами. При этом уязвимость окружающей среды от поражающих факторов аварии на химически опасном объекте является важным показателем, используемом при априорной оценке риска. Целью исследования является определение множества критериальных параметров, описывающих уязвимость окружающей среды от поражающих факторов техногенных чрезвычайных ситуаций на химически опасных объектах. В исследовании использовался метод экспертных оценок. Объекты экологического риска были разделены на две категории в зависимости от местонахождения: находящиеся на суше и в водной среде. Кластер, описывающий показатель уязвимости окружающей среды от химически опасного объекта для земельного участка включает 4 критериальных параметра, а аналогичный кластер для водной среды – 5. Также в ходе экспертного исследования были распределены весовые коэффициенты в этих кластерах, установлен их доленой вклад в уязвимость объектов окружающей среды.

Ключевые слова: химически опасный объект, аварийно химически опасное вещество, оценка риска, экологический риск, химическая безопасность, экологическая безопасность, промышленная безопасность.

S.S. Kudryavtsev¹, P.V. Yemelin², M.T. Kurbanov³, A.A. Rakhimberlina¹

¹*Abylkas Saginov Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan*

²*"NAKS GAC" LLP, Karaganda, Kazakhstan*

³*Bukhara Engineering-Technological Institute, Bukhara, Republic of Uzbekistan*

**THE ROLE OF THE ENVIRONMENTAL VULNERABILITY INDEX IN ASSESSING
ENVIRONMENTAL RISKS ASSOCIATED WITH THE OPERATION
OF A CHEMICALLY HAZARDOUS SITE**

Abstract. The country's high rate of industrialization makes the assessment of environmental risk for both operating and planned enterprises with chemically hazardous sites particularly relevant. The vulnerability of the environment to the impact factors of an accident at such sites is a key indicator used in a priori risk assessment. This study aims to identify a set of criteria that describe environmental vulnerability to the impact factors of man-made emergencies at chemically hazardous sites. The research employed the expert evaluation method. Environmental risk objects were categorized based on their location into two groups: those on land and those in aquatic environments. The cluster representing environmental vulnerability for land-based chemically hazardous sites includes four criterion parameters, while the cluster for aquatic environments comprises five. Additionally, the expert evaluation process determined the weighting coefficients within these clusters and established their relative contributions to environmental vulnerability.

Keywords: chemically hazardous site, hazardous chemical, risk assessment, environmental risk, chemical safety, environmental safety, industrial safety.

References

1. Yemelin P.V., Kudryavtsev S.S., Yemelina N.K. The methodological approach to environmental risk assessment from man-made emergencies at chemically hazardous sites // *Environmental Engineering Research*. – 2021. – Vol. 26. – No. 4. – P. 100-111.
2. United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs. The Baia Mare gold mine cyanide spill: causes, impacts and liability. – 2000 [Electronic resource]. – Access mode: <https://reliefweb.int/report/hungary/baia-mare-gold-mine-cyanide-spill-causes-impacts-and-liability>.
3. Khan F., Rathnayaka S., Ahmed S. Methods and models in process safety and risk management: Past, present and future // *Process Safety and Environmental Protection*. – 2015. – Vol. 98. – P. 116-147.
4. Khakzad N., Reniers G., Abbassi R., Khan F. Vulnerability analysis of process plants subject to domino effects // *Reliability Engineering and System Safety*. – 2016. – Vol. 154. – P. 127-136.
5. Emkani M., Yazdi M., Zarei E., et al. Advancing understanding of vulnerability assessment in process industries: A systematic review of methods and approaches // *International Journal of Disaster Risk Reduction*. – 2024. – Vol. 107. – Art. 104479.
6. Zeng T., Chen G., Yang Y., et al. A systematic literature review on safety research related to chemical industrial parks // *Sustainability*. – 2020. – Vol. 12. – No. 14. – Art. 5754.
7. Kesorotskikh I.I., Zotov S.I. Metodika otsenki uyazvimosti prirodnnykh kompleksov k antropogennym vozdeystviyam [Methodology for assessing the vulnerability of natural complexes to anthropogenic impacts] // *Bulletin of the Immanuel Kant Baltic Federal University*. – 2012. – No. 1. – P. 51–57. [in Russian].

-
8. Belov, N.S. Otsenka geoeologicheskoy situatsii v rechnykh basseynakh Kaliningradskoy oblasti s primeneniym geoinformatsionnykh tekhnologiy [Assessment of the geoecological situation in river basins of the Kaliningrad region using geoinformation technologies]: PhD thesis (Geographical Sciences). – Kaliningrad, 2011. – 145 p. [in Russian].
 9. Bodrikov O.V., Elokhin A.P., Ryazantsev B.V., Ryzhikov V.S. Sbornik metodik po prognozirovaniyu vozmozhnykh avariyy, katastrof, stikhiynykh bedstviy v RSChS. Book 2 [Collection of methodologies for forecasting possible accidents, disasters, and natural hazards within the Unified State Emergency Prevention and Response System. Book 2]. – Moscow: Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation, 1994. – 23 p. [in Russian].
 10. Kudryavtsev S.S., Yemelin P.V., Rakhimberlina A.A. Sovremennyye nauchnyye podkhody k opredeleniyu faktorov, vliyayushchikh na formirovaniye zony khimicheskogo zarazheniya pri avariyyakh na khimicheskii opasnykh ob'yektakh [Modern scientific approaches to determining factors influencing the formation of chemical contamination zones during accidents at chemically hazardous facilities]// University Proceedings. – 2019. – No. 2. – P. 41-46. [in Russian].
 11. Environment Directorate of the Organisation for Economic Co-operation and Development. Ageing of hazardous installations. – Paris: OECD Environment, Health and Safety Publications, 2017. – 34 p. (Series on Chemical Accidents, No. 29).
 12. GOST 25100-95. Grunty. Klassifikatsiya [Soils. Classification]. – Introduced. 1996-07-01. – Moscow : Standartinform, 2005. – 24 p. [in Russian].
 13. Shao Ch., Yang J., Tian X., et al. Integrated environmental risk assessment and whole-process management system in chemical industry parks // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2013. – Vol. 10. – P. 1609-1630.