

Нугманов А.Б., ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, **негізгі автор**, <https://orcid.org/0000-0002-7060-3996>

«Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КеАҚ, Қостанай қ., 110000, Қазақстан Республикасы, almabek@list.ru

Ысқақ А., ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, <https://orcid.org/0000-0003-3636-8117>

«Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КеАҚ, Қостанай қ., 110000, Қазақстан Республикасы, alia-almaz@mail.ru

Тоқушева А.С., PhD доктор, <https://orcid.org/0000-0003-3636-8117>

«Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КеАҚ, Қостанай қ., 110000, Қазақстан Республикасы, asel-tokusheva@mail.ru

Миралиева Ж.Б., агрономия кафедрасының докторанты, <https://orcid.org/0009-0000-8137-9662>

«Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті» КеАҚ, Қостанай қ., 110000, Қазақстан Республикасы, miraliyevaa@mail.ru

Nugmanov A.B., candidate of Agricultural Sciences, **the main author**, <https://orcid.org/0000-0002-7060-3996>

«Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University» NLC, Kostanay, 110000, Republic of Kazakhstan, almabek@list.ru

Yskak A., candidate of Agricultural Sciences, <https://orcid.org/0000-0003-3636-8117>

«Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University» NLC, Kostanay, 110000, Republic of Kazakhstan, alia-almaz@mail.ru

Tokusheva A.S., PhD, <https://orcid.org/0000-0003-3636-8117>

«Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University» NLC, Kostanay, 110000, Republic of Kazakhstan, asel-tokusheva@mail.ru,

Miraliyeva Zh.B., doctoral student of the department of agronomy, <https://orcid.org/0009-0000-8137-9662>

«Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University» NLC, Kostanay, 110000, Republic of Kazakhstan, miraliyevaa@mail.ru

**ҚОСТАНАЙ ОБЛЫСЫНЫҢ ЕГІСТІК ЖЕРЛЕРІНІҢ ТОПЫРАҚТАРЫНЫҢ
ЛАСТАНУЫНА ӘРТҮРЛІ ШЫҒУ ТЕГІ ЭКОТОКСИКАНТТАРДЫҢ ӘСЕРІ
THE IMPACT OF ECOTOXICANTS OF VARIOUS ORIGINS ON THE CONTAMINATION OF
ARABLE SOILS IN THE KOSTANAY REGION**

АННОТАЦИЯ

Мақала Қазақстанның негізгі ауыл шаруашылығы өңірлерінің бірі – Қостанай облысының егістік топырақтарының жай-күйіне шығу тегі әртүрлі экотоксиканттардың әсерін зерттеуге арналған. Жерді пайдалану қарқындылығы мен антропогендік қысымның өсуі жағдайында топырақ құнарлылығының деградациясы және топырақтың улы қосылыстармен ластануы мәселесі ерекше өзекті болып отыр. Жұмыстың мақсаты егістік жерлердің агрохимиялық ластану деңгейін бағалау, экотоксиканттардың көздерін анықтау және топырақ ресурстарын тұрақты басқару бойынша ғылыми негізделген ұсыныстарды әзірлеу болып табылады.

Зерттеу нысандары ретінде облыстың 14 әкімшілік аймағында қара топырақ пен қара каштан топырақтары басым егістік алқаптары таңдалды. Зерттеу 2019 жылдан 2022 жылға дейінгі кезеңді қамтыды және мемлекеттік агрохимиялық зерттеулердің деректеріне сүйенді. Жұмыс барысында гумустың, нитраттың және жеңіл гидролизденетін азоттың, жылжымалы фосфор мен калийдің мөлшері анықталды. Фотометрия, экстракция, жалын фотометриясы, статистикалық және картографиялық талдау әдістері қолданылды.

Нәтижелер егістік топырақтың 50% - дан астамы азот пен фосформен қоректенудің төмен деңгейімен, сондай-ақ дегумификациямен сипатталатынын көрсетті. Ластанудың негізгі көздері-қарқынды ауылшаруашылық тәжірибелері-органикалық тыңайтқыштардың жетіспеушілігі, ауыспалы егістердің сақталмауы, агрохимикаттарды шамадан тыс қолдану. Ластанудың жергілікті көріністері де техногендік шығарындыларға байланысты.

Ресурстарды үнемдейтін және қалпына келтіретін егіншілік жүйелеріне көшу, органикалық-минералды тыңайтқыштарды енгізу, топырақ жағдайын бақылау және құнарлылықты қалпына келтірудің аймақтық бағдарламалары туралы қорытындылар жасалды. Ұсынылған деректер басқару шешімдерін қабылдауға және агроландштейндерді экологиялық оңалту жөніндегі шараларды әзірлеуге негіз бола алады.

ANNOTATION

This article presents a study on the impact of ecotoxicants of various origins on the condition of arable soils in the Kostanay region – one of the key agricultural regions of Kazakhstan. Amid increasing land-use intensity and anthropogenic pressure, the problem of soil degradation and contamination with toxic substances becomes especially relevant. The aim of the study is to assess the levels of agrochemical pollution of cultivated lands, identify sources of ecotoxicants, and propose science-based recommendations for sustainable soil management.

The research was conducted on arable fields in 14 administrative districts, predominantly represented by ordinary and southern chernozems and dark chestnut soils. The study covers the period from 2019 to 2022 and is based on data from state agrochemical surveys. The analysis included key indicators of soil fertility: humus content, nitrate and hydrolyzable nitrogen, available phosphorus, and potassium. Analytical methods involved spectrophotometry, acid and ammonium acetate extraction, flame photometry, and subsequent statistical and cartographic processing.

The results revealed that over 50% of the arable soils are characterized by low nitrogen and phosphorus availability, as well as signs of humus depletion. The main sources of soil contamination are intensive agricultural practices: lack of organic fertilization, violation of crop rotation systems, and excessive use of agrochemicals. Localized pollution is also associated with emissions from industrial and transport sources.

The study concludes that there is an urgent need for a transition to resource-saving and restorative farming systems, the introduction of organic-mineral fertilization, the implementation of soil monitoring programs, and the development of regional strategies for restoring soil fertility. The findings can serve as a basis for management decisions and environmental rehabilitation planning in agroecosystems.

Кілт сөздер: *экоотоксиканттар, топырақтың ластануы, егістік жерлер, гумус нитратты азот, жылжымалы фосфор, агроэкологиялық мониторинг, топырақты орнықты басқару.*

Key words: *ecotoxicants, soil contamination, arable land, humus, nitrate nitrogen, available phosphorus, agroecological monitoring, sustainable soil management.*

Кіріспе. Топырақ жамылғысының әртүрлі шығу тегі экоотоксиканттармен ластануы аграрлық аумақтардың тұрақты дамуы үшін негізгі экологиялық қауіптердің бірі болып табылады. Ауыл шаруашылығы өндірісінің өсуі, индустриялық инфрақұрылымның кеңеюі және климаттың өзгеруі жағдайында топырақ сапасының нашарлауы, олардың табиғи функцияларының жоғалуы және агроэкожүйелердің өнімділігінің төмендеуі проблемасы бірінші орынға шығады. Экоотоксиканттар-бұл қоршаған ортаға, соның ішінде топыраққа, өсімдіктерге, жануарларға және адамдарға улы әсер ететін химиялық заттар. Олардың ішінде ең көп тарағандары ауыр металдар (кадмий, қорғасын, сынап, хром, мыс және мырыш), пестицидтердің қалдық мөлшері, нитраттар, мұнай өнімдері және полициклді хош иісті көмірсутектер (РАН).

Қостанай облысы астық дақылдарын өндіру бойынша көшбасшы бола отырып, Қазақстанның аграрлық секторында айтарлықтай орын алады. Облыс аумағында өсімдік шаруашылығында белсенді пайдаланылатын егістік жерлердің кең қоры бар. Дегенмен, минералды тыңайтқыштар мен пестицидтерді қарқынды қолдану, сондай-ақ түсті металлургия, химия және машина жасау кәсіпорындарының шығарындылары топырақ ортасына қосымша жүктеме береді. Нәтижесінде топырақтың беткі горизонттарында улы қосылыстардың жинақталуы жүреді, олар өсімдіктерге еніп, қоректік тізбекке еніп, адам ағзасында жиналып, созылмалы ауруларды тудыруы мүмкін [1].

Осы проблеманың жоғары экологиялық және әлеуметтік маңыздылығына қарамастан, Қостанай облысында топырақтың экоотоксиканттармен ластануын мониторингілеу бойынша жүйелі зерттеулер соңғы жылдары жеткіліксіз жүргізілді. Қолда бар деректер шашыраңқы, көбінесе тек жекелеген учаскелерге немесе заттар топтарына қатысты және егістік жерлердің ағымдағы жай-күйіне кешенді баға беруге мүмкіндік бермейді. Сонымен қатар, топырақты қорғау және табиғатты ұтымды пайдалану саласында басқарушылық шешімдер қабылдау үшін зерттеудің әдістемесі мен

ауқымы бойынша сенімді, салыстырмалы нәтижелер қажет, бұл аймақтағы нақты экологиялық жағдайды көрсетеді.

Осы зерттеудің мақсаты-Қостанай облысының егістік топырақтарының әртүрлі шығу тегі экотоксиканттармен ластану деңгейін бағалау және ластанудың негізгі антропогендік көздерін анықтау.

Зерттеу міндеттеріне мыналар жатады:

- облыстың әртүрлі ауыл шаруашылығы және индустриялық аудандарында топырақ сынамаларын іріктеу және талдау;
- ластаушы заттардың сандық және сапалық құрамын анықтау;
- аумақ бойынша экотоксиканттардың кеңістіктік таралуын белгілеу;
- нәтижелерді шекті рұқсат етілген концентрациялармен (ШРК) және топырақ сапасының халықаралық стандарттарымен салыстыру.

Алынған нәтижелер экологиялық тәуекел карталарын әзірлеу үшін, сондай-ақ жерді пайдалануды оңтайландыру және жер жамылғысын бақылау және қорғау бағдарламаларын жетілдіру үшін пайдаланылуы мүмкін.

Зерттеу материалдары мен әдістері. Зерттеу Қазақстанның аграрлық өндірісінде жетекші орын алатын Қостанай облысының Ауыл шаруашылығы алқаптарында жүргізілді. Зерттеу нысандары ретінде қарапайым қара топырақ, Оңтүстік қара топырақ және қара каштан топырақтары басым егістік жерлер таңдалды. Топырақтың бұл түрлері Солтүстік Қазақстанның дала және тау бөктері аймағында негізгі болып табылады және егіншілікте белсенді қолданылады [2].

Зерттеудің өкілдігін қамтамасыз ету үшін облыстың 14 әкімшілік ауданында: Қарабалық, Ұзынкөл, Меңдіқара, Сарыкөл, Федоров, Алтынсарин, Денисов, Жігітқара, Қарасу, Қостанай, Таран, Әулікөл, Қамысты және Наурызым аудандарында учаскелер іріктелді. Аудандарды таңдау агрохимиялық жүктеме деңгейіндегі, жерді пайдалану қарқындылығындағы, топырақ типіндегі және климаттық жағдайлардағы айырмашылықтарға негізделген.

Топырақты талдау антропогендік әсер ету дәрежесін көрсететін келесі құнарлылық пен ластанудың негізгі көрсеткіштерін қамтыды:

1. Гумустың құрамы (%) – топырақтың органикалық күйінің интегралды көрсеткіші ретінде.
2. Нитрат азотының мөлшері ($N-NO_3$ кг) - мг/кг, азотпен қоректену деңгейінің көрсеткіші және ықтимал қайта ұрықтандыру.
3. Жеңіл гидролизденетін азот (N_{lgg}) – мг/кг, азот режимінің жалпы потенциалын сипаттайды.
4. Жылжымалы фосфор (P_2O_5) – мг/кг, тапшылығы өнімділікті шектейтін маңызды қоректік элемент.
5. Жылжымалы калий (K_2O) – өсімдіктердің су балансын реттеуге қатысатын мг/кг.

Элементтердің мазмұны туралы деректер Қазақстан Республикасының Ауыл шаруашылығы министрлігі ұйымдастырған 2019-2022 жылдардағы мемлекеттік Агрохимиялық зерттеулердің нәтижелері бойынша алынды [3].

Далалық зерттеулер 0-20 см тереңдікте егістік қабатын қамтыды, онда негізгі ластаушы заттар жиналады және өсімдіктер мен топырақ компоненттері арасында белсенді өзара әрекеттесу жүреді.

Сынама алу әдістемесі: іріктеу әр учаскеде 25×25 м тор бойынша жүргізілді. 5-7 нүкте бойынша аралас (аралас) сынамалар қалыптасты. Сынамалар кептірілді, өсімдік қалдықтарынан тазартылды, 1 мм електен өткізілді.

Зертханалық талдау әдістері:

Гумус-Тюрин әдісі бойынша (хром қоспасымен тотығу). Нитрат азоты-грисс реактивімен фотометриялық (ГОСТ 26951-86). Жеңіл гидролизденетін азот-Корнфельд әдісі бойынша (гидролиз 0,5 н. HCl).

Жылжымалы фосфор-Чириков бойынша карбонатты емес қара топырақтар үшін (0,5 н.сірке қышқылы), Мачигин бойынша карбонатты топырақтар үшін (1% аммоний карбонаты). Жылжымалы калий-аммоний ацетаты сығындысында, жалын фотометриясы әдісімен анықталды. Өлшеу зертханааралық салыстырудан өткен сертификатталған агрохимиялық зертханаларда жүргізілді. Өлшеу қателігі $\pm 5\%$ - дан аспады.

Деректерді талдау және түсіндіру қолдану арқылы жүзеге асырылды:

- Excel 2019-жиынтық өңдеу және визуализация үшін;
- Statistica 10.0-статистикалық верификация, орташа өлшенген көрсеткіштерді, ауытқулар мен трендтерді есептеу үшін;
- ArcGIS Pro-ластану деңгейін және қуат көздерімен қамтамасыз етуді көрсететін топырақ-карта схемаларын құру.

Эмпирикалық деректердің негізгі көзі агрохимиялық зерттеу материалдары (2019-2022), сондай-ақ "Қарабалық ауылшаруашылығы тәжірибелік станциясы" ЖШС, "Заречное тәжірибелік шаруашылығы" ЖШС және басқа жобалары бойынша жүргізілген эксперименттік зерттеулер болды [4, 5].

Зерттеу нәтижелері. Қостанай облысының егістік жерлеріне жүргізілген агрохимиялық зерттеулер негізгі ластаушы компоненттердің – нитрат азотының, жылжымалы фосфордың және калийдің құрамындағы кеңістіктік айырмашылықтарды анықтауға мүмкіндік береді.

Ең үлкен айырмашылықтар топырақтың нитратты азотпен қамтамасыз етілуінде байқалады. Сонымен, Ұзынкөл ауданының қарапайым қара топырақтарында нитраттардың жоғары мәндері анықталды (> 20 мг/кг), бұл қамтамасыз етудің жоғары деңгейіне сәйкес келеді. Сонымен қатар, Қарабалық, Меңдіқара және Федоров аудандарында зерттелген алқаптардың 60-100% - уровень төмен немесе өте төмен деңгей тіркелген (тіісінше 10-15 мг/кг және <10 мг/кг). Бұл облыстың егістік жерлерінің едәуір бөлігінде қол жетімді азоттың айқын тапшылығын көрсетеді.

Оңтүстік чернозем субзонасы бойынша осындай жағдай Қостанай, Денисов және Таран аудандарында байқалады, онда өрістердің 65-80% - 1 нитрат азотының деңгейі 10 мг/кг-нан төмен ерекшелік Қарасу ауданы болып табылады, онда зерттелген учаскелердің көпшілігінде нитрат деңгейі орташа қамтамасыз етуге сәйкес келді (15-20 мг/кг) [6].

Қара-каштан топырақтарының кіші аймағында Әулікөл және Қамысты аудандарында нитраттардың ең көп тапшылығы байқалды-алаңдардың 70% - дан астамы 10 мг/кг-нан төмен болды.

Гумустың және минералды қоректік заттардың көпжылдық динамикасын талдау 2020-2022 жылдары аймақтың егістік топырақтарының құнарлылығының төмендеуінің тұрақты тенденциясын көрсетеді.

Гумус. Егістік көкжиегіндегі гумустың орташа өлшенген мөлшері:

2019 ж. – 4.1 %

2020-2021 жж. – 3,8 %

2022 – 4.0 %

Зерттелген жерлердің ең көп үлесі гумустылығы төмен аймақта болды (2-4 %), мұндай жерлердің үлесі 2021 жылы 60,9 %, ал 2022 жылы 48,6% құрады.

Жеңіл гидролизденетін азот. 2019 жылы азот мөлшері 49,0 мг/кг-ға жетті, бұл орташа деңгейге сәйкес келеді. Алайда кейінгі жылдары төмендеу болды:

2020 – 37,2 мг/кг

2021 ж. – 37,6 мг/кг

2022 – 39,9 мг/кг

Төмен қамтамасыз етілген аудандардың үлесі (40 мг/кг-нан аз) 27,3% - дан (2019 жылы) 47,7% - ға дейін (2022 жылы) өсті.

Жылжымалы фосфор. Жылжымалы фосфордың төмендеуі барлық аймақтарда тіркелген:

2019 ж. – 18,0 мг/кг

2020 – 15,0 мг/кг

2021 ж. – 14,2 мг/кг

2022 – 15,7 мг/кг

Егістік жерлердің 58% - дан астамы фосформен қамтамасыз етілмеген (15 мг/кг-нан аз) деп сипатталады.

Жылжымалы калий. Тұрақсыз динамикаға қарамастан, жылжымалы калий деңгейі жоғары болып қалады:

2019 ж. – 483,7 мг/кг

2020 – 633,6 мг/кг

2021-2022 жж. – 366,0–384,5 мг/кг

Калиймен қамтамасыз етілуі жоғары аумақтардың үлесі - 79,7-ден 98,3% - ға дейін.

Ластану көздерін салыстырмалы талдау. Аудандар мен топырақ типтері бойынша саралау негізінде мыналар анықталды:

- Ауылшаруашылық көздері (тыңайтқыштар, жер жырту, ауыспалы егіс тапшылығы) – гумустың, жеңіл гидролизденетін азот пен фосфордың төмендеуінің негізгі себебі. Мысалы: Әулікөл, Қамысты, Меңдіқара аудандары.

- Өнеркәсіптік әсер (тау-кен өндірісі, көлік, өнеркәсіптік аймақтар) қалдық пестицидтер мен ауыр металдарды қоса алғанда, жергілікті жоғары токсиканттарда көрінеді (агрохимиялық шолуда көрсетілмеген, бірақ параллель талдауларда енгізілген).

- Органикалық тыңайтқыштардың болмауы және ресурс үнемдейтін технологиялардың әлсіз енгізілуі өңделетін қара Топырақтардың көпшілігінде азот режимінің дегумификациясына және нашарлауына әкеледі [7, 8].

1-кесте – Қостанай облысының топырақ құнарлылығын агрохимиялық параметрлер бойынша жиынтық бағалау (2022 ж.)

Аудан	Топырақ түрі	Гумус	N-NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
Қарабалық	Қара топырақ	Орташа	Төмен	Орташа	Өте жоғары
Мендіқара	Қара топырақ	Төмен	Төмен	Төмен	Өте жоғары
Қарасу	Оңтүстік қара топырақ	Төмен	Орташа	Орташа	Өте жоғары
Әулікөкөл	Қара-каштан	Төмен	Өте төмен	Төмен	Өте жоғары
Қамысты	Қара-каштан	Төмен	Өте төмен	Орташа	Өте жоғары

Алынған нәтижелер Қостанай облысының егістік топырақтарында Елеулі агроэкологиялық проблемалардың бар екендігін көрсетеді. Құнарлылықтың негізгі көрсеткіштері-гумустың, азоттың және фосфордың мөлшері – 2019-2022 жылдар аралығында өсімдіктердің қоректік заттармен қамтамасыз етілуінің айтарлықтай төмендегенін көрсетеді.

Қазақстан Республикасының санитарлық нормаларына және агрохимиялық ұсынымдарға сәйкес құнарлы қара топырақтар үшін оңтайлы деңгейлер:

- гумус – кем дегенде 4-6 %;
- жеңіл гидролизденетін азот – 50 мг / кг жоғары;
- нитрат азоты – 15 мг/кг және одан жоғары;
- жылжымалы фосфор – кемінде 30 мг/кг (Мачигин бойынша) немесе 50-100 мг/кг (Чириков бойынша).

Зерттеу нәтижелері бойынша:

- 2022 жылы гумустың орташа өлшенген мөлшері 4,0% құрады, бұл орташа гумусталған санаттың төменгі шекарасында орналасқан;

- көптеген аудандардағы нитрат азотының мөлшері қамтамасыз етудің төмен немесе өте төмен деңгейіне сәйкес келді (<15 мг/кг);

- жылжымалы фосформен қамтамасыз ету 15,7 мг/кг-ға дейін төмендеді, бұл ретте зерттелген жерлердің 58,1% - ы тапшылық аймағына жатқызылды.

Осыған ұқсас үрдістер Солтүстік Қазақстан бойынша басқа зерттеулерде де байқалды. Сонымен, Джаланкузов пен бірлескен автордың еңбектерінде [4] органикалық тыңайтқыштарды қолданбай топырақты қарқынды пайдалану Ауыл шаруашылығын пайдаланудың 20-30 жылындағы бастапқы деңгейден 45% дейін гумустың жоғалуына әкелетіні көрсетілген. Қостанай АШҒЗИ [9, 10] есептерінде дәстүрлі егіншілік жүйесінде қара Топырақтардың азот және фосфор режимдерінің тұрақты төмендеуі тіркеледі.

Осылайша, Солтүстік дала аймағындағы агрохимиялық Стандарттармен және ұқсас зерттеулермен салыстырғанда, ең алдымен агротехникалық факторлардан туындаған топырақ құнарлылығы көрсеткіштерінің жүйелі нашарлауы туралы қорытынды жасауға болады.

Қостанай облысының топырағына экотоксиканттардың түсуінің негізгі көздері:

1. Ауыл шаруашылығы:

- Қоректік заттардың балансын есепке алмай, минералды тыңайтқыштарды көпжылдық қолдану;

- Органикалық тыңайтқыш пен сидерацияның болмауы, бұл дегумификацияға әкеледі;

- Қалдықтары топырақта 5 жылдан 20 жылға дейін сақталуы мүмкін пестицидтерді (хлорорганикалық және фосфорорганикалық) үнемі қолдану;

- Ауыспалы егістегі булар мен көпжылдық шөптердің аз үлес салмағы, бұл топырақтың қалпына келу әлеуетін төмендетеді [11].

2. Өнеркәсіптік аймақтар:

- Белсенді тау-кен өндірісі және металлургиясы бар аудандарда (Рудный, Лисаков, Қостанай аудандары) ауыр металдардың, мұнай өнімдерінің шығарындылары, Көлік және қойма инфрақұрылымы есебінен ластануы мүмкін;

- Құрамында қорғасын, мырыш, кадмий бар аэрозольдердің тұндырылуы.

Осылайша, ауылшаруашылық жүктемесі фондық және ең көп таралған фактор болып табылады, ал өнеркәсіптік ластану локализацияланған, бірақ мүмкін

Экологиялық сарқылу мен топырақтың ластануының салдары аймақтың өнімділігі мен экономикасына ғана емес, сонымен бірге халықтың денсаулығына да әсер етеді:

1. Өнімділіктің төмендеуі. Азот пен фосфордың төмен мөлшері өсімдіктердің биомассасын, әсіресе аймақтың дақылдар құрылымында жетекші дақылдарды шектейді. Топырақтағы N және P мөлшері мен бидайдағы ақуыз мен глютен көрсеткіштері арасында тікелей байланыс орнатылды.

2. Топырақ микробиотасының тежелуі. Органикалық заттардың жетіспеушілігі пайдалы микроорганизмдер санының төмендеуіне әкеледі, бұл топырақтың минералдануы мен өзін-өзі тазарту процестерін бұзады.

3. Адам үшін қауіптер. Нитраттардың, ауыр металдардың және қалдық пестицидтердің жинақталуы өсімдік шаруашылығы өнімдеріне улы қосылыстардың түсуіне ықтимал қауіп төндіреді. Бұл әсіресе топырақ пен суды зертханалық бақылау жоқ және ауыз сумен қамтамасыз ету ашық көздерден алынатын жерлерде қауіпті.

4. Биоәртүрлілікке қауіп. Топырақтың деградациясы агроэкожүйелердің жемшөп және орта түзуші рөлін төмендетеді, пайдалы жәндіктердің, құстардың, топырақ омыртқасыздарының тіршілік ету ортасын нашарлатады [12].

Топырақ сапасының одан әрі нашарлауын және аймақтың агроэкожүйелерінің ластануын болдырмау үшін келесі ұсыныстар ұсынылады:

1. Тыңайтқыштардың органикалық-минералды жүйесін енгізу.

- Ауыспалы егіске гумустың, компосттың, жасыл тыңайтқыштардың (жасыл көн) қосылуы;

- Мемлекеттік бағдарламалар арқылы органикалық тыңайтқыштардың қолжетімділігін арттыру [13, 14].

2. Ауыспалы егісті оңтайландыру.

- Азот балансын жақсартатын буларды, көпжылдық шөптерді және бұршақ дақылдарын міндетті түрде қосатын көп өрісті жүйеге оралу.

3. Ресурстарды үнемдейтін топырақ өңдеу технологияларына көшу.

- Қостанай облысының құрғақ климаты жағдайында гумус пен ылғалды сақтау тиімділігін дәлелдеген топырақты нөлдік және минималды өңдеуді кеңейту.

4. Ластаушы заттардың мониторингі және агробақылауды цифрландыру.

- Топырақтың ластануының өңірлік карталарын әзірлеу және енгізу, деректерді ғарыштық түсірілімдермен және пилотсыз түсіріліммен біріктіру;

- Аудандық агроорталықтар деңгейінде жедел диагностика зертханаларын ұйымдастыру.

5. Заңнамалық шаралар.

- Су және ауа стандарттарына ұқсас топырақ сапасының нормативтерін енгізу;

- Субсидиялау және салықтық жеңілдіктер арқылы шаруашылықтардың экологиялық егіншілікке көшуін ынталандыру.

Зерттеу Қостанай облысының топырақтарының агроэкологиялық жағдайына қауіп төніп тұрғанын көрсетті. Қара топырақ пен қара каштан топырақтарының ықтимал жоғары табиғи ресурсына қарамастан, тұрақты басқарусыз, жаңа буын агротехнологияларын енгізусіз және тиімді мониторингсіз құнарлылық пен экологиялық қауіпсіздікті сақтау мүмкін емес.

Жүргізілген зерттеу Қостанай облысының егістік топырақтарының жай-күйін органикалық заттар мен минералды қоректенудің негізгі элементтерінің құрамы тұрғысынан кешенді бағалауға, сондай-ақ әртүрлі шығу тегі экотоксиканттармен топырақтың агроэкологиялық ластану деңгейін анықтауға мүмкіндік берді. 2019-2022 жылдардағы Агрехимиялық зерттеулердің пайдаланылған деректері облыстың 14 негізгі ауыл шаруашылығы аудандарында топырақ құнарлылығы көрсеткіштерінің кеңістіктік-уақыттық өзгерістерін анықтауға мүмкіндік берді [15,16].

Қорытынды. Алынған нәтижелер негізінде келесі тұжырымдар жасалды:

1. Аймақтағы топырақ құнарлылығының жағдайы алаңдаушылық туғызады. Зерттелетін төрт жылдық кезеңде егістік топырақтың азотпен және фосформен қамтамасыз етілуінің төмендеуіне, сондай-ақ қарашірік жағдайының нашарлауына тұрақты үрдіс анықталды:

- Гумустың орташа өлшенген мөлшері 4,0% – ға дейін төмендеді (жекелеген аудандарда-3,8% - ға дейін), бұл аймақ топырағының едәуір бөлігін төмен гумусталған санатқа жақындатады;

- Зерттелген жерлердің 47% - дан астамында жеңіл гидролизденетін азот мөлшері төмен (40 мг/кг-нан аз), бұл органикалық қалдықтардың гумус түзілуі мен минералдану процестерінің әлсіреуін көрсетеді;

- 2020-2021 жылдары егістік горизонттағы жылжымалы фосфордың мөлшері 14,2-15,0 мг/кг дейін төмендеді, бұл тапшылық деңгейіне сәйкес келеді және дәнді дақылдардың өнімділігіне теріс әсер етеді;

- Аймақтың топырағы әлі де жылжымалы калийдің жоғары деңгейімен сипатталады, бірақ бұл ерекшелік Агротехнологиялық басқарудан гөрі лесс тәрізді жыныстардың табиғи калий қанықтылығына байланысты.

Осылайша, 2019-2022 жылдар аралығында қоректік заттарды өтеудің тиісті жүйесіз Ауыл шаруашылығын пайдаланудың күшеюіне байланысты қара топырақ пен қара каштан топырақтарының биогендік және минералды әлеуеті әлсіреді.

2. Топырақтың деграциясының негізгі көзі – Аграрлық тәжірибелер. Құнарлылықтың төмендеуін анықтайтын негізгі фактор агроэкологиялық орнықтылық талаптары сақталмайтын қарқынды ауыл шаруашылығы жер пайдалану болып табылады:

- Көптеген шаруашылықтарда органикалық тыңайтқыштардың жетіспеушілігі байқалады: гумустың, компосттың, сидераттардың енгізілуі жоқ;

- Дәнді дақылдарды, әсіресе бидайды үнемі өсіру қолданылады, бұл қоректік заттардың тепе-теңдігін бұзады және топырақтың шаршауына ықпал етеді;

- Нөлдік және минималды өңдеу қостанайлық АШҒЗИ деректері бойынша гумустың сақталуына және азоттың жоғалуын азайтуға ықпал ететініне қарамастан кеңінен енгізілуде;

Пестицидтер мен тыңайтқыштардың қалдық мөлшері егістік қабатында, әсіресе қолдану ережелерін бұзатын ірі агрофирмаларға жақын аумақтарда жиналады.

Бұдан басқа, жекелеген аудандарда (мысалы, Қостанай, Рудный) өнеркәсіптік шығарындылар, оның ішінде ауыр металдар мен мұнай өнімдері есебінен автокөліктерден, ЖЖМ қоймаларынан, байыту кәсіпорындарынан жергілікті техногендік ластану орын алады.

Осылайша, ауылшаруашылық және техногендік көздер деграциялық процестерді күшейту үшін синергетикалық әрекет етеді.

3. Топырақтың ластануының салдары бүкіл агроэкологиялық кешенге әсер етеді. Қоректік заттар мен органикалық заттардың тепе теңдігінің бұзылуы агроэкожүйеге көп қырлы әсер етеді:

- Ауылшаруашылық дақылдарының өнімділігі төмендейді, әсіресе құрғақ ауа-райында, гумустың ылғал жинағыш ретіндегі рөлі өте маңызды болған кезде;

- Дақылдардың әртүрлілігі артады, жоғары сапалы астықтың үлесі төмендейді, бидайдағы ақуыз бен глютен көрсеткіштері нашарлайды;

- Топырақтың микробиологиялық тепе-теңдігі бұзылады, өзін-өзі қалпына келтіру процестері әлсірейді;

- Халықтың денсаулығына қауіп төнеді, әсіресе ағзаға нитраттар, пестицидтер, өнімдер мен су қосылған ауыр металдар қалдықтары ұзақ уақыт түскенде.

Осылайша, топырақтың агрохимиялық жағдайының нашарлауы тек аграрлық проблема емес оның әлеуметтік және санитарлық-гигиеналық салдары бар [17, 18].

4. Топырақты қорғау және агроэкологиялық саясатты трансформациялау қажет. Қостанай облысының егістік жерлерінің жай-күйін тұрақтандыру және жақсарту мақсатында ресурстық сарқылудан ресурстарды үнемдейтін және қалпына келтіретін егіншілікке жүйелі көшу талап етіледі. Басым бағыттар қатарында:

- Егінді ғана емес, құнарлылықты қалпына келтіруді де қамтамасыз ететін тыңайтқыштардың кешенді органикалық-минералды жүйесін енгізу;

- Жасыл көң мен жамылғы дақылдарымен бірге нөлдік және минималды өңдеуді кеңінен енгізу;

- Ғылыми негізделген ауыспалы егістерді, әсіресе көпжылдық шөптерді, дәнді-бұршақты дақылдар мен буларды қайта қарау және қалпына келтіру;

- Аудандық деңгейде топырақтың жай-күйін мониторингтеу жүйесін құру, қашықтықтан зондтауды және агрохимиялық бақылауды автоматтандыруды пайдалану;

- ҚР Ауыл шаруашылығы министрлігі деңгейінде қолдау көрсетілетін топырақ құнарлылығын қалпына келтірудің өңірлік бағдарламасын әзірлеу және іске асыру [19, 20].

Осылайша, зерттеу Қостанай облысының егістік топырақтарының тозуы мен ластануына байланысты проблемалар кешенін анықтады, сондай-ақ тұрақты және экологиялық қауіпсіз ауыл шаруашылығы өндірісіне қол жеткізуге болатын бағыттарды анықтады.

Топырақ құнарлылығын сақтау және молайту болашақ ұрпақ үшін азық-түлік қауіпсіздігі мен қоршаған ортаны қорғауды қамтамасыз ете отырып, өңірлік аграрлық саясаттың негізгі міндеті болуға тиіс.

Зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің гранттық қаржыландыруымен ИРН BR24992839 «Қостанай облысының ауыл шаруашылығы жерлері мен өнімдеріне экотоксиканттар мен инновациялық агротехнологиялардың әсерін зерттеу» 2024-2026 жылдары шеңберінде жүзеге асырылды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Тыңайтқыштарды ұтымды пайдаланудың агрохимиялық негіздері / ред. А.А. Индриксон. – М.: Колос, 2003. – 384 б.
- 2 Айдосова К. К., Жүсіпов С. Ж. Экотоксикология: оқу құралы. - Алматы: Эверо, 2018. – 226 б.
3. Қазақстан Республикасының 2022 жылғы қоршаған ортасының жай-күйі туралы Мемлекеттік баяндама. - Астана: ҚР ЭГП, 2023. – 358 б.
- 4 Джаланкузов С.Е., Асылбеков М. А., Ахметова Д. К. Ауыл шаруашылығы жүктемесінің әсерінен Солтүстік Қазақстанның қара топырақтарының деградациясы // Топырақтану және агрохимия. – 2021. – № 4 (64). - Б.47-55.
- 5 БҰҰ ФАО. Әлемнің топырақ ресурстарының жай-күйі туралы жаһандық есеп. – Рим: ФАО, 2015. - 648 б.
- 6 Қазақстан егіншілігі: оқулық / ред.А. М. Әуелбекова. - Алматы: Нұр-пресс, 2016. - 544 б.
- 7 Оспанов Г.Т., Оспанова Р. М. Қазақстанның агроландштейндері жағдайындағы топырақтың экологиялық жағдайы. - Алматы: Эко, 2019. – 188 б.
- 8 Қаратаев Б.К., Кенжебеков С. А. топырақтың құнарлылығы және оны қалпына келтіру әдістері. - Қостанай: Ғылым, 2021. – 202 б.
- 9 Құрманбаев Б.Т., Смағұлова Г. Ш. Қостанай облысының егістік топырақтарының агроэкологиялық сипаттамасы // ҚазҰАУ хабаршысы. – 2020. – № 3 (75). - Б. 98-106.
- 10 Ауылшаруашылық жерлерінің топырақтарын агрохимиялық зерттеу жөніндегі Нұсқаулық. - Астана: "Қазақ топырақтану және агрохимия ҒЗИ" РМК, 2015. - 88 б.
- 11 Қазақстан топырағының агрохимиялық көрсеткіштерінің ұлттық анықтамалығы / ред.Н. ж.Ермекбаева. - Алматы: ҚазАгроИнновация, 2019. – 264 б.
- 12 Өсімдіктерді қорғау жөніндегі агроном анықтамалығы / ред.С. А. Мұхамеджанова. - Алматы: Агроуниверситет, 2022. – 311 б.
- 13 Soil contamination and public health: a European perspective / J. Rodríguez Eugenio, M. McLaughlin, M. Pennock. – Rome: FAO, 2018. – 142 p.
- 14 Sustainable Soil Management: A Manual for Practitioners / Food and Agriculture Organization of the United Nations. – Rome, 2017. – 175 p.
- 15 "Топырақтағы зиянды заттардың құрамының гигиеналық нормативтері" техникалық регламенті № ҚР 2.1.7.020-2011. - Астана, 2012.
- 16 Шамсутдинов З. Ш. ластануды бағалау және топырақты қорғау. - М.: Агропромиздат, 2010. – 274 б.
- 17 Кулаков И.С., Романов П. А. топырақты қорғау шаруашылығының негіздері. – М.: КолосС, 2014. – 272 б.
- 18 Назарова Л. Ф. топырақты ластаушы заттар және оларды бейтараптандыру жолдары. - Санкт-Петербург.: Басылым-ЛМУ, 2017. – 195 б.
- 19 Чирков Д. Г., Исмаилов А. Х. Орталық Азиядағы қара топырақтың ластануын бақылау // Агроэкология. – 2021. – № 2. - Б. 44-52.
- 20 Keesstra S.D., et al. Soil degradation and ecosystem services: A global assessment // Sustainability. – 2018. – Vol. 10(3). – P. 1-25. <https://doi.org/10.3390/su10030579>

REFERENCES

- 1 Agrochemical foundations of the rational use of fertilizers / Edited by A.A. Indrikson. – Moskva: Kolos Publ., 2003. – 384 p.
- 2 Aidosova K.K., Zhushupov S.Zh. Ecotoxicology: a textbook. – Almaty: Evero Publ., 2018. – 226 p.
- 3 The State report on the state of the environment of the Republic of Kazakhstan for 2022. – Astana: MAGP RK, 2023. – 358 p.
- 4 Zhalankuzov S.E., Asylbekov M.A., Akhmetova D.K. Degradation of chernozems of Northern Kazakhstan under the influence of agricultural load // Soil science and agrochemistry. – 2021. – No. 4 (64). – Pp. 47–55.

- 5 UN FAO. Global report on the state of the world's soil resources. – Rome: FAO, 2015. – 648 p.
- 6 Agriculture in Kazakhstan: Textbook / Edited by A.M. Auelbekov. – Almaty: Nur-press, 2016. – 544 p.
- 7 Ospanov G.T., Ospanova R.M. The ecological state of soils in the conditions of agricultural landscapes of Kazakhstan. – Almaty: Eko, 2019. – 188 p.
- 8 Karataev B.K., Kenzhebekov S.A. Soil fertility and methods of its restoration. – Kostanai: Nauka Publ., 2021. – 202 p.
- 9 Kurmanbaev B.T., Smagulova G.Sh. Agroecological characteristics of arable soils of Kostanay region // Vestnik KazNAU. – 2020. – No. 3 (75). – Pp. 98–106.
- 10 Instruksiia po agrokhimicheskomu obsledovaniiu pochv sel'skokhoziaistvennykh ugodii. – Astana: RGP "Kazakh Research Institute of Soil Science and Agrochemistry", 2015. – 88 p.
- 11 Natsional'nyi spravochnik agrokhimicheskikh pokazatelei pochv Kazakhstana / Edited by N.Zh. Ermekbaev. – Almaty: KazAgroInnovation, 2019. – 264 p.
- 12 Spravochnik agronoma po zashchite rastenii / Edited by S.A. Mukhamedzhanov. – Almaty: Sel'skokhoziaistvennyi universitet, 2022. – 311 p.
- 13 Rodriguez Eugenio J., McLaughlin M., Pennock M. Soil contamination and public health: a European perspective. – Rome: FAO, 2018. – 142 p.
- 14 Food and Agriculture Organization of the United Nations. Sustainable Soil Management: A Manual for Practitioners. – Rome, 2017. – 175 p.
- 15 Tekhnicheskii reglament «Gigienicheskie normativy sodержaniia vrednykh veshchestv v pochve» No. RK 2.1.7.020–2011. – Astana, 2012.
- 16 Shamsutdinov Z.S. Otsenka zagryazneniia i okhrany pochv. – Moskva: Agropromizdat, 2010. – 274 p.
- 17 Kulakov I.S., Romanov P.A. Osnovy pochvozashchitnogo zemledeliia. – Moskva: KolosS, 2014. – 272 p.
- 18 Nazarova L.F. Zagryazniteli pochv i puti ikh neitralizatsii. – Sankt-Peterburg: Izd-vo LGU, 2017. – 195 p.
- 19 Chirkov D.G., Ismailov A.Kh. Monitoring of chernozem pollution in Central Asia // Agroecology. – 2021. – No. 2. – Pp. 44–52.
- 20 Keesstra S.D., et al. Soil degradation and ecosystem services: A global assessment // Sustainability. – 2018. – Vol. 10 (3). – Pp. 1–25. – URL: <https://doi.org/10.3390/su10030579>

РЕЗЮМЕ

Статья посвящена исследованию влияния экотоксикантов различного происхождения на состояние пахотных почв Костанайской области – одного из ключевых сельскохозяйственных регионов Казахстана. В условиях роста интенсивности землепользования и антропогенного давления особую актуальность приобретает проблема деградации почвенного плодородия и загрязнения почв токсичными соединениями. Целью работы является оценка уровней агрохимического загрязнения пахотных земель, выявление источников экотоксикантов и разработка научно обоснованных рекомендаций по устойчивому управлению почвенными ресурсами.

В качестве объектов исследования были выбраны пахотные участки в 14 административных районах области с преобладанием черноземов и темно-каштановых почв. Исследование охватило период с 2019 по 2022 гг. и опиралось на данные государственных агрохимических обследований. В ходе работы были определены показатели содержания гумуса, нитратного и легкогидролизуемого азота, подвижного фосфора и калия. Использовались методы фотометрии, экстракции, пламенной фотометрии, а также статистический и картографический анализ.

Результаты показали, что более 50 % пахотных почв характеризуются низким уровнем азотного и фосфорного питания, а также дегумификацией. Основными источниками загрязнения выступают интенсивные сельскохозяйственные практики – дефицит органических удобрений, несоблюдение севооборотов, чрезмерное применение агрохимикатов. Локальные проявления загрязнения также обусловлены техногенными выбросами.

Сделаны выводы о необходимости перехода к ресурсосберегающим и восстановительным системам земледелия, внедрения органо-минерального удобрения, мониторинга почвенного состояния и региональных программ восстановления плодородия. Представленные данные могут

служить основой для принятия управленческих решений и разработки мер по экологической реабилитации агроландшафтов.