

Жер асты суының нақты деңгейлерін анықтау әдістеріӘдеубай Сейітқазиев¹, Жақсыбай Тулеубаев², Гулнар Зияева^{2*}, Қыдыралы Мұсабеков¹¹Қазақ ұлттық су шаруашылығы және ирригация университеті, Тараз, Қазақстан, adeubai@mail.ru, musabekov55@mail.ru²М.Х.Дулати атындағы Тараз университеті, Тараз, Қазақстан, tuleubayev51@mail.ru, gk.ziyaeva@dulaty.kz*Корреспонденция: gk.ziyaeva@dulaty.kz

Аңдатпа. Суармалы жерлердегі судың жетіспеушілігі және олардың егістік алқаптарындағы қозғалыс процестерін нақты зерттеулер негізінде қарастырылуы маңызды. Егіс алқаптарында судың көтерілуіне әсер ететін факторларды анықтау әдістері нақты деректер арқылы көрсетілген. Жерасты сулары деңгейінің мониторингі нәтижесінде алынған деректерге статистикалық талдау жасалды. Жер асты суларының орташа көтерілу қарқыны олардың орналасу тереңдігіне тікелей байланысты екендігі анықталды. Мұнда су деңгейінің динамикасына ылғалдылық коэффициенті, топырақтың тығыздығы мен кеуектілігі, фильтрациялық қасиеттері, сондай-ақ инфильтрацияланатын су көлемі айтарлықтай әсер етеді. Топырақ құрылымына қарай оның қалыңдығына, тығыздығына, тұздылық дәрежесіне байланысты жерасты суларының минералдану деңгейі, маусымдық булану көрсеткіштері мен капиллярлық көтерілу биіктігі және жер асты суларының жату тереңдігі мен ықтимал шекті деңгейлері айқындалды. Келтірілген зерттеу нәтижелері ауыл шаруашылығы алқаптарында жүргізілген эксперименттік жұмыстардың деректеріне негізделген. Мұнда жер асты сулары деңгейінің жоғарылауы мелиорацияда маңызды рөл атқарады. Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, далалық зерттеулердің гидрогеологиялық негіздемесі, суару жүйелерінің режимін, мелиоративтік іс-шараларды жоспарлауды және су ресурстарын кешенді пайдалануды қамтиды. Мелиоративтік шаралар және су ресурстарын кешенді пайдалану жерасты сулары режимінің гидродинамикалық және гидрохимиялық болжамдарына, сондай-ақ аэрация аймағы жыныстарының су-тұз режиміне негізделеді. Сонымен қатар алынған нәтижелер суармалы аумақтардың тұрақты өнімділігін сақтау үшін жер астысуларының деңгейін бақылаудың маңыздылығын көрсетеді. Ғылыми негізделген талдау мелиорациялық іс-шараларды оңтайландыруға және топырақтың қайталама тұздану қаупін төмендетуге мүмкіндік береді. Зерттеу қорытындылары су ресурстарын тиімді басқарудың өңірлік экологиялық қауіпсіздігі үшін шешуші фактор екенін дәлелдейді.

Дәйексөз: Сейітқазиев, Ә., Тулеубаев, Ж., Зияева, Г., Мұсабеков, Қ. (2026). Жер асты суының нақты деңгейлерін анықтау әдістері. *Journal of Ecology and Sustainability*, 154(1), 139-154. <https://doi.org/10.32523/y94nev64>

Академиялық редактор:
А. Зандыбай

Редакцияға түсті: 05.12.2025
Түзетілді: 20.02.2026
Қабылданды: 15.03.2026
Басылымға шықты: 31.03.2026



Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Түйін сөздер: топырақ бетінен булану; сүзілу коэффициенті; құнарлылық; суармалы жер; ауа алмасу аймағы; топырақ тығыздығы.

1. Кіріспе

Суармалы егіс алқаптарындағы жер асты суының деңгейін анықтау, көбінесе, арнайы орнатылған пьезометрлік ұңғымалар (бақылау құдықтары) арқылы жүзеге асырылып келді.

Бұл мониторинг жұмыстары, әдетте, вегетациялық кезеңнің басында, ортасында және соңында бақыланып келді. Дегенмен, мұндай әдіс танаптың гидрогеологиялық жай-күйін толықтай сипаттауға жеткіліксіз және нақты деректерді көрсетпеуі мүмкін.

Оның негізгі себебі – жер бедерінің біркелкі еместігі, микробедердің (микрорельеф) гетерогенділігі. Танаптың ойпатты учаскелерінде беткі ағын суларының жиналуы мен инфильтрациясы қарқынды жүріп, топырақтың капиллярлық жүйесі арқылы жерасты суы топырақ түтікшелері арқылы жоғары көтеріледі. Егер суармалы немесе жақын жатқан грунт суларының минералдану деңгейі 1,5–3 г/л аралығында болса, онда қарқынды булану процестерінің әсерінен аталған алқаптарда топырақтың қайталама тұздану қаупі күрт артады. Бұл өз кезегінде егістік жерлердің мелиоративтік жағдайының нашарлауына және өнімділіктің төмендеуіне әкеп соғады.

Бұл жұмыс «BR24992867-Қазақстанның су шаруашылығы мен қайта өңдеу өнеркәсібін дамыту және басқару үшін ресурс үнемдеуші технологияларды әзірлеу, инновациялық инжинирингтік орталық құру» бағдарламалық-нысаналы қаржыландыру негізінде орындалып отыр.

Топырақ деградациясы – бұл топырақ функцияларының өзгеруіне, оның құрамы мен қасиеттерінің сапалық нашарлауына, сондай-ақ жер ресурстарының табиғи-экономикалық маңыздылығының төмендеуіне әкеп соғатын табиғи және антропогендік процестердің жиынтығы. Жердің тозу процестерінің салдарынан ауыл шаруашылығы айналымынан едәуір алқаптар шығарылып, олардың мақсатты пайдаланылуы өзгереді.

Экономикалық тұрақсыздық жағдайында құнарлылықты сақтау мен жақсартуға бағытталған мелиоративтік іс-шаралардың толық көлемде жүргізілмеуі топырақ жамылғысының деградациялану қаупін одан әрі өршіте түсті. Бұл топырақ құнарлылығын сақтау мен арттыру және жер жағдайын жақсарту бойынша кешенді жұмыстарды толық жүзеге асыруға мүмкіндік бермейді.

Топырақтың тозуы көптеген факторларға байланысты. Ауыл шаруашылығы алқаптарының қазіргі жай-күйі көпфакторлы антропогендік жүктемемен сипатталады. Алқаптардың құрылымында келесідей зақымдалған жерлердің үлесі басым: батпақтанған жерлер – шамамен 12%; су эрозиясына ұшыраған алқаптар–19%; дефляцияланған (жел эрозиясы) топырақтар–10%; тұзды және сор кешендері–18%-дан астам. Қазіргі уақытта жердің сапасына әсер ететін ауылшаруашылық өндірісінің негізгі экологиялық шығындары антропогендік әсерлердің жиынтығымен сипатталады, тозу процестерінің қарқындылығы уақыт бірлігіндегі топырақ қасиеттерінің теріс динамикасымен, яғни оның сапалық көрсеткіштерінің өзгеру жылдамдығымен анықталады (Deng et al., 2015; Duan et al., 2015; Durasov et al., 1981).

Тозуды бағалау критерийі ретінде қайтымдылық қарастырылады, ол тозу үрдісінде өзгерген топырақтың қасиеттерін қалпына келтіру мүмкіндігін білдіреді. Бұл тозудың түріне және дәрежесіне байланысты. Оның кейбір түрлері үшін (қышқылдану, топырақтың шаршауы және т.б.) топырақтың оңтайлы қасиеттерін толық қалпына келтіруге үлкен шығындарсыз қол жеткізуге болады. Тозудың басқа түрлері үшін (су эрозиясы, дефляция және т.б.) олардың салдарын жою өте қиын немесе мүмкін емес. Топырақтың тозуы агроландшафтардың, оның ішінде топырақ жамылғысының бұзылуы тұрғысынан қарастырылуы керек, сәйкесінше агроландшафтардың физикалық, биологиялық, геохимиялық, гидрогеологиялық және гидрологиялық бүлінуін бөліп көрсетеді. Бұл түрлерге көбінесе бір-бірімен байланысты тиісті түрлер жатады (Duan et al., 2015; Durasov et al., 1981; Gromotovich et al., 1987; Hoffan, 1986; Karpenko et al., 2017).

Топырақтың тығыздалуы мен технологиялық жағдайлардың нашарлауы ауылшаруашылығы техникасының өнімділігін 5-10%-ға төмендетеді. Сонымен қатар,

қоректік заттардың шайылуына байланысты тыңайтқыштарға жұмсалатын шығындар шамамен 1,5 есеге артады, өйткені деградация дәрежесіне байланысты тыңайтқыш нормаларын арттыру қажеттілігі келесідей сипатталады: әлсіз деградацияланған жерлерде – 10%-ға; орташа зақымдалған жерлерде –30%-ға; күшті деградацияланған жерлерде –1,5-2 есеге арттыру қажет.

Жалпы егістік алқаптарының (17 млн га) құнарлылығын жоғалту көрсеткіштері деградация деңгейіне қарай: әлсіз дәрежеде 5-10%, орташа дәрежеде (9 млн га) 20-30%, ал күшті дәрежеде (7 млн га) 50-60%-ға дейін жетеді. Қатты тығыздалған топырақтарда өнімділіктің төмендеуі 50%-ды құрайды (Duan et al., 2015; Durasov et al., 1981; Gromotovich et al., 1987; Hoffan, 1986; Karpenko et al., 2017).

2. Материалдар мен әдістер

Деградациялық процестердің алдын алу мақсатында ауыл шаруашылығы дақылдарын өсірудің топырақ қорғау технологиялары әзірленді. Бұл технологиялардың негізі – топырақ бетінде өсімдік қалдықтары мен сабанды (6 т/га дейін) сақтай отырып, мульчирлеуші (қалдықсыз) өңдеу әдісін қолдану. Аталған әдіс эрозияға қарсы техниканы пайдалану арқылы топырақ құнарын сенімді қорғауды, өндірістік шығындарды оңтайландыруды және алқаптардың өнімділігін арттыруды қамтамасыз етеді.

Жер қыртысындағы жер асты суының гидродинамикалық режимі әр түрлі деңгейде болады. Көбінесе, жердің еңістігіне сәйкес топырақ құрамындағы ылғал латеральды (көлбеу) бағытта қозғалысқа түседі, бұл процестің қарқындылығы топырақтың гранулометриялық (механикалық) құрамына тікелей тәуелді. Біз құмдақты, жеңіл саздақты және орташа саздақты топырақтардағы судың жоғарыдан (жер бетінен) төмен сүзілуін (q), сондай-ақ осы бағыттағы топырақтың сүзілу коэффициенттерін (k_i), топырақтың орналасу қалыңдықтарына (Δh_i) сәйкес анықтаймыз.

Жер асты суының сулы қабаттағы шығыны жыныстардың сүзілу қасиетіне, жер асты суының қозғалу бағытындағы еңістігіне және сулы қабаттың қалыңдығына тікелей байланысты болады. Әрбір қалыңдық үшін Дарси формуласы төмендегідей:

$$q = k_i \frac{\Delta h_i}{m_i} = \text{const} \tag{1}$$

Әрбір үш түрлі қалыңдық үшін және бұларды бірінен соң бірін тізбектеп, (1) теңдеуді құрап, H_0 шамасын анықтаймыз. H_0 – уақыт аралығындағы құмның үстіңгі жабындысындағы, жер асты суы деңгейінің нақты көтерілуі, ол төмендегі өрнекпен орындалады (Seitkaziyeu et al., 2013; Seitkaziyeu, 2013; Seitkaziyeu, 2002; Seitkaziyeu, 2007; Seitkaziyeu, 2011):

$$H_0 + q * \left(\frac{1}{k_1} * \sum_{i=2}^3 m_i - \sum_{i=2}^3 \frac{m_i}{k_i} \right) \tag{2}$$

мұндағы H – құм бетіндегі уақыт кезеңіне сәйкес келетін арын.

Кесте 1. Жер асты суы деңгейінің орташа көтерілуі

i	H, м	Δh_i , м	K_i , м/тәу.	m_i	$q = \text{const}$ м/тәу.	H_0 , м
1	3	0,8	0,5	1,0	0,4	1,44
2	3	0,5	0,4	1,0	0,2	
3	3	0,2	0,3	1,0	0,06	

(2) өрнектен кез келген n қабаттар үшін жер асты суының жоғарғы бетіндегі бөліктегі байланысқан жыныстардың H_0 шамасын анық білеміз. Сонымен қатар, H арындарды және судың шығынын төмендегі өрнекпен анықталады.

$$H_0 = \frac{H + q * \left(\frac{1}{k_1} * \sum_{i=2}^n m_i - \sum_{i=2}^n \frac{m_i}{k_i} \right)}{1 + \frac{q}{k_i}} \quad (3)$$

Кесте 2. Жер асты суы деңгейінің орташа көтерілуі

№	H, м	Δh_i , м	K_i , м/тәу.	m_i	$q = \text{const}$ м/тәу.	H_0 , м
1	3	0,8	0,5	1,5	0,267	1,663
2	3	0,5	0,4	1,5	0,133	
3	3	0,2	0,3	1,5	0,04	

(2) және (3) өрнектерден екі белгісіз: H_0 нақты шамасы және сүзінді судың шамасы q . Бұл шамаларды көп жылдық зерттеулер мәліметтеріне сүйеніп, нәтижелерін 1–2-кестелер түрінде бердік. Бұл кестелердегі мәліметтерде арын деңгейі, топырақтың сүзілу коэффициенттері бірдей, тек, топырақтың ылғалды өткізу қалыңдықтары ($m_i=1.0; 1,5$ м) әр түрлі. Осыған сәйкес, белгілі бір уақыт аралығындағы жер асты суы деңгейлері әр түрлі болып келеді.

Жер асты суының шекті (мүмкін) тереңдігін анықтау үшін, табиғи жағдайдағы жер асты суы тереңдігін және сынақты (шекте) тереңдігін анықтау қажет. Мұндай жағдайда топырақ ауаландыру аймағында табиғи ылғалдылықтан ең төменгі ылғал сыйымдылығына дейінгі аралықта қанығады.

Ауаландыру аймағына дейінгі топырақтың қанығуына қажетті судың көлемі 4-теңдеу бойынша анықталады:

$$W_x = \frac{\beta_{\text{етыс}} - W_0 * \gamma}{100} = \frac{(n-8) - \mu - W_0 * \gamma}{100} \quad (4)$$

мұндағы: $\beta_{\text{етыс}}$ - топырақтағы ең төменгі ылғал сыйымдылығы; W_0 - топырақтағы табиғи ылғалдылық; γ – топырақтың тығыздығы; μ – топырақтағы судың (ылғалдың) қайтарылу коэффициенті.

Мұндай көлемдегі суды анықтағаннан кейін, бір жыл ішіндегі топырақтың қанығуындағы жер асты суының көтерілуін (h) жеңіл түрде былай есептейміз:

$$h = \frac{W \cdot 365}{W_x} \quad (5)$$

мұндағы: W – жер асты суының сіңірілген көлемі, м/тәу.

Тасөткел сілеміндегі ғылыми-зерттеу жұмыстардың мәліметтеріне (Seitkazyev, 1999; 2002; 2016; 2019; 2020; Karpenko et al., 2017) сүйеніп, жер асты суының мүмкін тереңдігін төмендегі 3-кесте түрінде береміз.

3. Нәтижелер

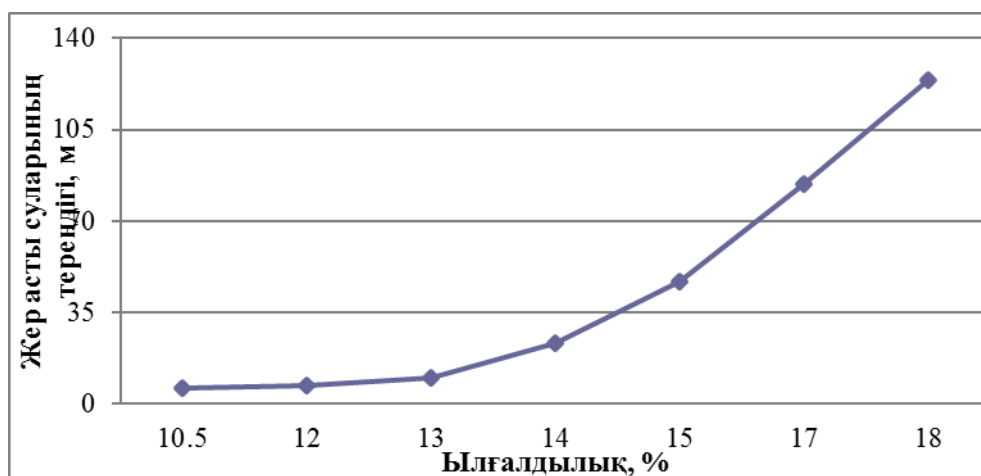
Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде суармалы егістік алқаптарында жер асты сулары деңгейінің көтерілуі тек мелиоративтік емес, сонымен қатар экологиялық қауіп тудыратын фактор екені анықталды. Кесте-3 деректері бойынша кеуектілігі 44–50% болатын топырақтарда жер асты суының көтерілу шамасы ауаландыру аймағының толық қанығуына және табиғи газ алмасу режимінің бұзылуына әкеледі.

Кесте 3. Жер асты суының көтерілуін анықтау

Кеуектілік, P, %	Табиғи ылғалдылық, W_0 , %	Топырақтың тығыздығы γ , т/м ³	Жер астысуының сіңірілу қорегі W, м/сут	Қанығуға қажетті судың көлемі, W_x , м	Жер астысуының көтерілуі, h, м
50	10,5	1,37	0,0013	0,13	3,65
48	12	1,41	0,0015	0,091	6,02
46	13	1,43	0,0016	0,054	10,81
45	14	1,45	0,0017	0,005	23,0
44	15	1,46	0,0025	0,021	43,4
44	17	1,46	0,0028	0,012	85,2
44	18	1,45	0,0030	0,009	121,7
Орташа мән	45,86	14,21	1,43	0,00206	0,046
Стандартты ауытқу	2,34	2,67	0,03	0,00069	0,048

Топырақ тығыздығының 1,37 т/м³-тен 1,46 т/м³-ке дейін артуы сүзілгіштік қабілеттің төмендеуіне, нәтижесінде инфильтрациялық сулардың жиналуына себеп болады. Бұл жағдай топырақтың аэробты күйінен анаэробты күйге ауысуын жеделдетіп, биологиялық белсенділіктің төмендеуіне және органикалық заттардың минералдану үдерісінің баяулауына әкеледі.

Сурет 1-де көрсетілгендей, жер асты суының көтерілуі белгілі бір шектен кейін экспоненциалды сипат алады. Бұл экологиялық тұрғыдан аса қауіпті, себебі су деңгейінің шамалы ғана көтерілуі тұздардың капиллярлық жолмен өсімдік тамыры жайылған қабатқа жылдам көтерілуіне және топырақ бетінің екінші реттік тұздануына әкеледі.



Сурет 1. Жер асты суының көтерілуін анықтау, м

Жоғарыдағы 3-кестедегі топырақтың механикалық құрамын негізге алып, монолиттік зерттеулер бойынша белгілі бір нақты уақыт (30, 60, 90 тәулік) аралығындағы жер асты суының көтерілу мүмкіндігін анықтау қажеттілігі туындайды. Өйткені, дақылдарды суару алдында, ортасында және соңында, сонымен қатар тұзданған жерлерді шаю кезеңінде белгілі бір маусым аралығында (күзде, көктемде) егіс танаптарында судың көтерілуін бақылау, танапты жыртыуға егіс танаптарын өңдеу, жақсарту жұмыстарын жүргізуде қажеттілігі көп.

Көп жылдық тәжірибелерде, егер жер асты суы деңгейі жер бетінен 1,8–2,0 м тереңдікте байқалса, бұл жерді өңдеу әлі ертерек болатындығын ескерсек, жоғарыдағы–кестеде орташа саздақтың балшыққа дейінгі аралықта су жер бетіне түгелдей келіп тұр. Олай болса, мұндай тәжірибелік мәліметтер жерді ластанудан алдын-ала сақтауға және іркілген суды өсімдік тамыры жайылған қабаттан ығыстырудың шараларын қолдануға мүмкіндік береді.

Тұзданған топырақты жерлердегі ең маңызды факторлардың бірі жер асты сулары деңгейінен болатын булану процесі. Әр түрлі топырақ топтары үшін, олардың сулы-физикалық қасиеттеріне, тұздардың химиялық құрамымен тұздану дәрежесіне, жер асты суының тереңдігіне және жергілікті метеобекеттердің деректеріне (ауа температурасы, атмосфералық жауын-шашын мөлшері, ауаның салыстырмалы ылғалдылығы және т.б.) сүйеніп, жер асты суының минералдану деңгейі ескеріле отырып есептелді. (An et al., 2011; Raiymbekov, 2022; Sokolenko et al., 1981; Duan et al., 2015; Seitkazyev et al., 2018, 2020; Arakelyan, 1980).

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде жер асты суларының шекті деңгейін анықтай отырып, өсімдік тамыры жайылған қабаттағы өсімдікке қажетті нақты ылғал мөлшерін анықтауға толық мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл көрсеткішті айқындау топырақтың генетикалық қабаттарындағы, антропогендік ластануды, деградациялық құрғау процестерін және су ресурстарының негізсіз шығынын болдырмаудың шараларын жүйелі түрде қолдану мүмкіндігіне негіз болады.

Минералданған жер асты және ирригациялық сулардың гидрологиялық режимі жағдайында, екіншілік тұздануға бейім суармалы алқаптардағы жер асты суларының рұқсат етілген шекті тереңдігі (кризистік деңгейі) көптеген табиғи-антропогендік факторлардың интегралдық әсерімен сипатталады. Атап айтқанда, бұл процесс келесі параметрлерге тікелей тәуелді (Khachatryan et al., 1991; Zagumennyu, 1962; Blaylock, 1994; Durasov et al., 1981): топырақтың тұздану түрі, жер асты және суару суларының құрамы мен минералдануы, маусымдық кезеңде топырақтың жоғарғы беткі қабатының тұздануының мүмкін болатын ұлғаюы, маусым үшін суғару және буланудың мөлшері, капиллярлық көтерілудің биіктігі және топырақтың тұздануына байланысты анықталады (Khachatryan et al., 1991; Zagumennyu, 1962; Blaylock, 1994; Durasov et al., 1981) [6-12]. Осы факторларды ескере отырып, жер асты суларының тереңдігі келесі теңдеумен анықталды:

$$H_{\text{мүм}} \geq \left[1 - \left(\frac{0.356 \cdot \gamma \cdot h \cdot 10^5 - Q_6 M_{\text{тол}}}{I_0 M_{\text{ы}}} \right) 0.67 \right] \cdot H_{\text{к}} \quad (6)$$

$H_{\text{мүм}}$ – жер асты суының орналасуына байланысты мүмкін тереңдік, м; S_6 – тұздардың құрамы, %; γ – топырақ тығыздығы, т/м³; h – топырақ қабаты, м; Q_6 – суландыру мөлшері, м³/га; $M_{\text{тол}}$ – судың минералдылығы, г/л; I_0 – маусым кезіндегі буланғыштық, м³/га; $H_{\text{к}}$ – капиллярлық көтерілу биіктігі, м; $M_{\text{ы}}$ – жер асты суының минералдылығы, М_ы ,г/л.

Жоғарыда келтірілген деректерді кешенді түрде талдау жер асты суларының деңгейлік режимін (динамикасын) нақты болжауға мүмкіндік береді. Бұл өз кезегінде егіс танабына қандай дақыл егуге болатынын толық болжауға жағдай жасады. Әсіресе топырақтың ластануы мен ондағы топырақтың қандай тұздармен қаншалықты тұзданғанын білу біз үшін өте қажет.

Зерттеу нәтижелері (4-кесте) ауыр механикалық құрамды (саздақтар, балшықтар) топырақтарда жер асты суларының жату тереңдігінің жоғары екенін айқындады. Бұл фактор аумақтарда экожүйенің деградацияға ұшырау қаупі басым екендігін көрсетеді, атап айтқанда: өсімдік жамылғысының сиреуіне; микробиологиялық белсенділіктің тежелуіне; агроландшафттардың экологиялық тұрақтылығының төмендеуіне әкеп соғады.

Топырақтың бұзылуы мен жер асты суының көтерілуі, оған байланысты ықпалдар төмендегі 4-кестеде толық көрсетіліп, суғару кезіндегі болатын қауіпті көрсеткіштерге байланысты көрсетілген.

Кесте 4. Жер асты суының орналасуына байланысты мүмкін тереңдік

Топырақ құрамы	Топырақ қабаты, h, м	Топырақтың тығыздығы, γ т/м ³	Тұздардың құрамы S _б , %	Судың минералдылығы, M _{тол} г/л	Жер асты суының минералдылығы, M _{гр} г/л	Суландыру мөлшері, O _{бр} , м ³ /га	Маусым кезіндегі буланғыштық, B, м ³ /га	Капиллярлық көтерілу биіктігі, H _{к.м.}	Жер асты суының орналасуындағы мүмкін тереңдік H _{м,м}
Жеңіл саздақ	0,30	1,25	0,28	0,7	1,5	4000	5000	1,1	0,20
Орташа саздақ	0,50	1,32	0,45	0,8	2	5000	4000	1,5	0,42
Саздақты	0,80	1,41	0,52	2	4	6000	3000	2,0	0,81
Балшық	1,0	1,47	0,70	6	7	7000	2000	3,0	1,67
Орташа мән		0,65	1,36	0,49	2,38	3,63	5500	3500	1,90
Стандартты ауытқу		0,31	0,10	0,18	2,47	2,53	1291	1291	0,79

Агротехникалық және топырақ-экологиялық шараларды жетілдіру арқылы жер ресурстарының жай-күйін жақсарту мақсатында іргелі зерттеулерге (Sokolenko et al., 1981; Khachatryan et al., 1991; Hoffan et al., 1986; Bresler et al., 1987; Deng et al., 1991; Gromotovich et al., 1987) негізделген эмпирикалық формулаларды тиімді қолдану қажеттілігі туындайды, яғни модельдеу әдістерін қолдану қажет. Бұл тәсіл өсімдіктің тамыр жаю қабатындағы улы тұздарды ығыстыруға және есептік қабаттардың қайта ластануын (тұздануын) болдырмауға бағытталған.

Зерттеу барысында қойылатын талаптарды ескере отырып, келесі параметрлерге терең жүйелі талдау жасау маңызды:

- топырақтың химиялық және физикалық сипаттамасы: тұздану дәрежесі, тұздардың химиялық құрамы және топырақтың су-физикалық қасиеттері;

- гидрофизикалық көрсеткіштер: топырақтың су өткізгіштік қабілеті, ылғал және жылу алмасу динамикасы;

- инженерлік-мелиоративтік инфрақұрылым: нысандағы кәрізді-коллекторлы желілердің жұмыс істеу тиімділігі мен техникалық көрсеткіштері.

Жер асты суларының орналасу тереңдігін мониторингтеу нәтижесінде суармалы егіншілік алқаптарындағы мелиоративтік жағдайды сипаттайтын заңдылықтар анықталды. Осыған байланысты, келесі функционалдық реттеу жұмыстары жүзеге асырылады:

- әр түрлі гидрогеологиялық жағдайларға сәйкес мелиоративтік шаралардың қолдану барысында жерасты суларының тепе-теңдігі мен олардың орналасу тереңдігіне тікелей байланысты;

-қарастырылатын сұрақтар суландыру жүйелерінің техникалық жетістігіне және су қорларын тиімді пайдалануы мен олардың техникалық және экономикалық тиімділігін арттыруына сәйкестендіріп орындайды;

-комплексті шешім қабылдауда жер асты суларын пайдалану мен мәселені шешуді реттеуде суармалы жерлердің гидрогеологиялық жағдайларын толық ескеруді талап етеді;

-гидрогеологиялық болжамдар құрастыруда экологиялық жағдайларды қорғау қарастырылады.

Жер асты суының оңтайлы тәртібі (құбылымы) төмендегідей жағдайларды ескеру қажет:

1. Жер асты суларының деңгейі тұрақты (5-6 м) тереңдікте болған жағдайда, топырақтың түзілу үдерісі автоморфты жағдайды қамтамасыз етеді.

2. Тұзы аз, сілтілік емес жер асты сулары шамамен 1,5-2 м тереңдікте орналасқан жерде, батпақтанусыз шалғындық топырақтар қалыптасады.

3. Жер асты суларының минералдану деңгейі су тартқыш қондырғыларды пайдалану кезеңінде оңтайлы су-тұз режимін сақтауды қамтамасыз ететін тереңдікте қалыптасады.

Осыған байланысты аталған көрсеткіш «сындық тереңдік» деп аталады. Бұл параметр климаттық жағдайларға, топырақтың капиллярлық қасиеттеріне, жер асты суларының минералдану дәрежесі мен химиялық құрамына, сондай-ақ суару режимі мен өзге де антропогендік факторларға тікелей тәуелді.

Мелиорациялық іс-шараларды жүргізу барысында басты стратегиялық міндет - топырақтың белсенді қабатында екінші қайтара тұздану мен батпақтану үдерістерін болдырмау және ауылшаруашылығы дақылдарының өнімділігін арттыру мақсатында жер асты сулар деңгейінің оңтайлы гидродинамикалық режимін анықтау болып табылады.

Суару жоспарланған немесе суаруға арналған аймақтардағы грунттық сулардың режимі мен балансына болжам жасау үшін келесі кешенді бастапқы мәліметтерді талдау қажет:

А) аймақтардың геоморфологиялық-геологиялық және гидрогеологиялық жағдайларының сипаттамасы және осы жағдайларды талдау;

Б) гидрометеорологиялық және гидрологиялық жағдайлардың сипаттамасы және олардың талдауы (атмосфералық жауын-шашын, булану деңгейі, үстіртін ағын және т.б.)

В) су шаруашылығы және гидромелиоративтік жағдайлардың қазіргі жай-күйін саралау және олардың талдауы;

Г) болжамға дейінгі кезеңдегі жер асты суларының режимі мен балансындағы ерекшеліктерін айқындау;

Д) грунттық су деңгейін модельдеудің тиімді әдістемесін таңдау.

Топырақ суларының гидрохимиялық режимін қалыптастыру ауаландыру аймағындағы тау жыныстарының литологиялық құрамына және суда жеңіл еритін тұздардың мөлшеріне байланысты. Топырақ суларының деңгейі көтерілгеннен кейін олардың булануға қатысуы, минералдануы және химиялық құрамы ауаландыру аймағының тау жыныстарының тұз құбылымына едәуір әсер етеді. Суару алғаш басталған жылдарда топырақ суларының гидрохимиялық құбылымында белгілі бір заңдылықтар көрініс табады.

Жер асты суларының қозғалыс жылдамдығы геологиялық құрылымға, тау жыныстарының литологиялық құрамына, геоструктуралық факторларға және жалпы гидродинамикалық жағдайларға байланысты. Жер асты суларының минералдану деңгейі мен химиялық құрамының түрінің ауысуы қорек алу аймағынан ағып шығу (дренаж) аймағына қарай жүзеге асады. Суармалы алқаптарда инфильтрациялық қоректену мөлшеріне табиғи факторлармен қатар, антропогендік факторлар (суару нормасы, техникасы және мерзімі) шешуші әсер етеді.

Гидродинамикалық жағдайлар, табиғи дренаждылық дәрежесі төмен және су өткізгіштігі нашар сазды-балшықты қабаттар арқылы жүзеге асатын сулы горизонттардың гидравликалық өзара байланысы жер асты суларының деңгейлік және гидрохимиялық режимдерінің қалыптасуын негіздейді. Суармалы аймақтарда басты әсерге инфильтрациялық

қоректенудің мөлшері ие, ол табиғи факторлардан бөлек суару нормаларына, мерзімдеріне және техникасына байланысты.

Тұздардың еруі суарылатын жағдайда тұздардың миграциясына айтарлықтай әсер етеді. Гипс, кальцит, доломит, галит, глауберит, мираблит және басқа да еритін тұздар мен минералдар болатын жыныстардағы жер асты суларының қозғалысы оларды шаюмен қатар жүреді. Қатты фазаның тұздарының еру жылдамдығы жер асты судың құрамына, олардың қозғалыс жылдамдығына және еритін тұздардың қасиеттеріне байланысты. Тұздардың шығарылуы фильтрациялық ағын мен диффузиялық тасымалдану арқылы жүзеге асады. Тұздардың қатты фазадан сұйық фазаға өту жылдамдығы судың химиялық агрессивтілігіне, ағын жылдамдығына және минералдардың физикалық-химиялық қасиеттеріне негізделеді.

Жүргізілген зерттеулердің сандық мәліметтері 5-кестеде және 2-суретте келірілген. Графикалық және кестелік деректерді интерпретациялау нәтижесінде жер асты суларының бетінен буланудың ең жоғары мәнделері су деңгейі 1 метрге дейінгі тереңдікте болғанда байқалатыны анықталды. Ал буланудың минималды мәнделері I топтағы топырақтар үшін шамамен 2 м тереңдікте, ал қалған топтары үшін 3 м тереңдікке сәйкес келеді.

Кесте 5. Тұздардың бетінен булануға және жер асты суларының пайда болу тереңдігіне тәуелділігі (Durasov et al., 1981; Gromotovich et al., 1987; Hoffan, 1986; Karpenko et al., 2017)

Жер асты суының минералдылығы, г/л	Бастапқы тұздану 0-1,0 м		Жер асты суының орналасу тереңдігі, м					Ескерту
	%	т/га	0,5	0,75	1	1,5	2	
Жер асты суы бетінен булану, м ³			1370	958	644	227	0	$\gamma=1.37 \text{ т/м}^3$; $n=0.7$; $H_{\text{снк}}=2\text{м}$.
1,5	0,35	48	2,06	1,44	0,97	0,34	0,00	
			0,66	0,46	0,31	0,11	0,00	
2	0,6	82	2,74	1,92	1,29	0,45	0,00	
			1,13	0,79	0,53	0,19	0,00	
3	1	137	4,11	2,28	1,93	0,68	0,00	
			1,88	1,31	0,88	0,31	0,00	
5	1,5	206	6,85	4,79	3,22	1,13	0,00	
			2,82	1,97	1,32	0,47	0,00	
10	2	274	13,70	9,58	6,44	2,27	0,00	
			3,75	2,63	1,76	0,62	0,00	

5-кестедегі эмпирикалық мәліметтерді саралау барысында жер асты суларының минералдану деңгейі мен олардың орналасу тереңдігі арасындағы айқын корреляциялық тәуелділік анықталды. Су деңгейі жер бетіне жақындаған сайын булану қарқындылығының экспоненциалды түрде жоғарылайтыны байқалады. Тереңдік 0,5–1,0 м аралығында болғанда булану көлемі ең жоғары мәнделерге жетеді, ал 1,5–2,0 м тереңдікте булану көрсеткіштері күрт

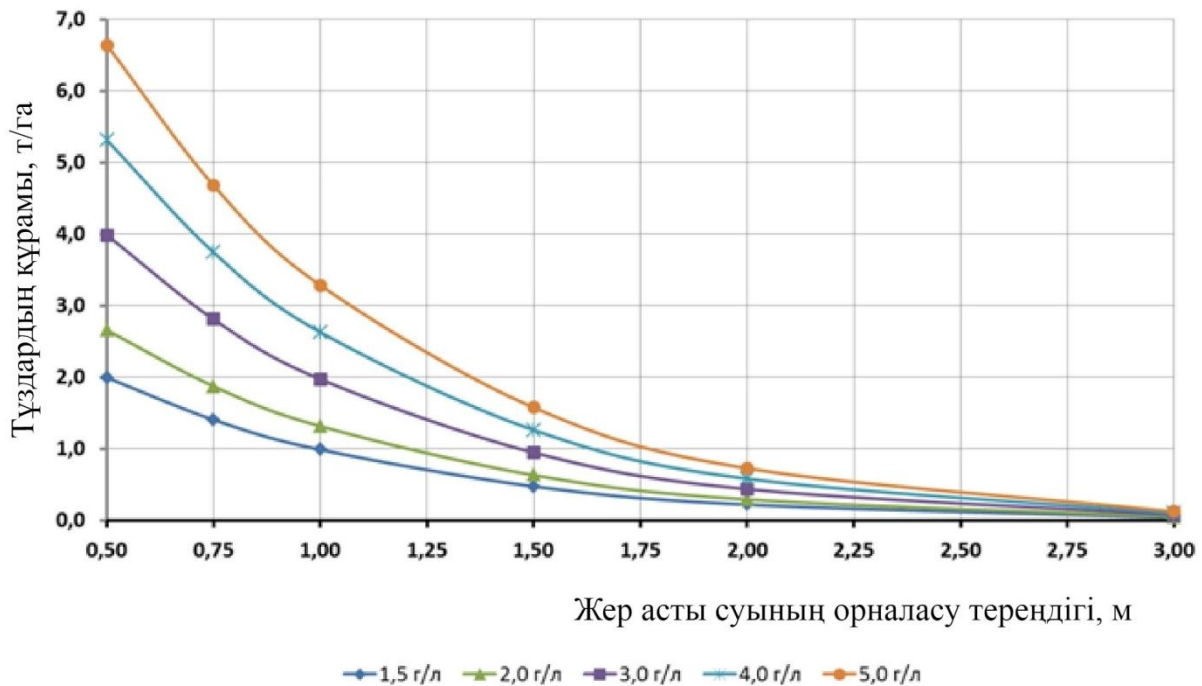
төмендейді немесе мүлдем байқалмайды. Бұл құбылыс капиллярлық көтерілу процесінің әлсіреуімен және топырақ қабатының су өткізгіштік қасиеттерінің өзгеруімен түсіндіріледі.

6-кестеде 5-кесте мәліметтері негізінде есептелген арифметикалық орташа мән мен стандартты ауытқу көрсеткіштері берілген. Статистикалық өңдеу нәтижелері беткі қабаттағы тұздардың булану қарқындылығы мен жер асты суларының орналасу тереңдігі арасындағы корреляциялық тәуелділікті жалпылама сипаттайды.

Кесте-6. Кесте деректері бойынша жалпыланған статистикалық көрсеткіштер

Көрсеткіш	Орташа мән	Стандартты ауытқу
Жер асты суының минералдылығы, г/л	3,70	3,26
Бастапқы тұздану, %	0,89	0,63
Бастапқы тұздану, т/га	149,4	86,55
Жер асты суы бетінен булану, м ³	82,16	394,45

Алынған параметрлер қарастырылып отырған гидрогеологиялық процестердің типтік заңдылықтары мен олардың өзгергіштік дәрежесін айқындайды.



Сурет 2. Жер асты суының орналасу тереңдігі

Тәжірибелік мәліметтерді статистикалық өңдеу нәтижелері жер асты суларының булану қарқындылығы мен олардың орналасу тереңдігі арасындағы өзара байланыстың экспоненциалды сипатқа ие екендігін айқындады. Аталған заңдылық келесі математикалық теңдеумен сипатталады:

$$E_e = E_0 \left(1 - \frac{H}{H_{\text{тск}}}\right) e^{-nH} \tag{7}$$

мұндағы: E_s -жер асты суларының булануы, м; E_0 -топырақ бетінің булануы, м; Н-жер асты суларының пайда болу тереңдігі; $H_{\text{тск}}$ -топырақтың су көтеру қабілеті, м; n-топырақтың су-физикалық қасиеттерін ескеретін параметр ($n = 0,7-1,5$)

Микрокеуектік құрылымдардағы ылғал тасымалының физикалық табиғаты күрделі әрі көпфакторлы болып табылады. Оған фазалық ауысулар (булану мен конденсация), осмостық құбылыстар, сорбциялық үдерістер және сазды минералдардың кристаллдық торындағы ион алмасулары тікелей әсер етеді. Дисперсті жүйелердегі иондардың бекітілу беріктігі су молекулаларының құрылымындағы сутектік байланыстардың энергетикалық деңгейіне тәуелді.

Саздақты қоңыр топырақтардағы тұздардың миграциясының судың фазалық күйіне сәйкес үш саласын (гравитациялық, капиллярлық және байланысқан) қарастыру қажет. Бұл салалар өзара байланысты болғанымен, олардағы тұз тасымалының динамикасы мен қарқындылығы әртүрлі параметрлермен сипатталады.

Қатты дисперсті (қышқылдық қасиеті жоғары) топырақтарды шаю кезінде минералдардың бөлінуі төмен деңгейде байқалады, бұл қолданылған су көлемі мен сүзілген ерітінді мөлшері арасындағы сәйкессіздікті тудырады. Бұл феномен ерітінділердің кеуекті ортадан конвективті тасымал арқылы ығысуымен түсіндіріледі.

Жүргізілген гидрогеологиялық зерттеулердің нәтижелері топырақ типтері мен олардың гранулометриялық құрамының сүзілу (фльтрация) процестеріне айтарлықтай әсер ететіндігін дәлелдейді. Әсіресе, тұзданған топырақ горизонттарындағы сүзілу динамикасы тұзсыздандыру технологияларының тиімділігі мен шаю режимдерін айқындайтын негізгі фактор болып табылады.

4. Талдау

Алынған нәтижелерді экологиялық тұрғыда талдау жер асты сулары режимінің өзгеруі суармалы агроландшафттардың тұрақтылығына тікелей әсер ететінін көрсетті. Жер асты суы деңгейінің 1,5–2,0 м-ден жоғары көтерілуі ауаландыру аймағының қысқаруына, топырақтағы газ алмасу процестерінің бұзылуына және өсімдік тамырларының оттегімен қамтамасыз етілуінің төмендеуіне әкеледі.

Экологиялық тұрғыдан алғанда, жер асты суларының минералдануы 2–4 г/л және одан жоғары болған жағдайда олардың бетке жақын орналасуы топырақтың тұздануын күшейтіп, фитоуытты орта қалыптастырады. Бұл жағдай өсімдіктердің физиологиялық стрессін арттырып, ауыл шаруашылығы дақылдарының өнімділігінің төмендеуіне және биологиялық әртүрліліктің азаюына себеп болады.

Топырақтың тығыздалуы мен сүзілгіштігінің төмендеуі нәтижесінде қалыптасатын ылғалдың артық жиналуы органикалық қалдықтардың ыдырау үдерістерін өзгертеді, парниктік газдардың (метан, азот тотығы) бөлінуін күшейтуі мүмкін. Осылайша, жер асты сулары режимінің бұзылуы жергілікті деңгейде климаттық факторларға да жанама әсер етеді.

Жер асты суларының деңгейін ғылыми негізде реттеу экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етудің маңызды шарты болып табылады. Суару нормаларын оңтайландыру, дренаж жүйелерін жетілдіру және жер асты суларының тұрақты мониторингі агроэкожүйелердің деграациясын болдырмауға мүмкіндік береді. Бұл шаралар топырақтың экологиялық функцияларын сақтап, су ресурстарын ұтымды пайдалануға және өңірлік экологиялық тепе-теңдікті қамтамасыз етуге бағытталған.

Жалпы алғанда, зерттеу нәтижелері жер асты сулары деңгейін басқару тек агротехникалық міндет ғана емес, сонымен қатар экологиялық қауіпсіздікті қамтамасыз етудің негізгі тетігі екенін дәлелдейді. Суармалы жерлердегі жер асты суларының оңтайлы тәртібі топырақтың ұзақ мерзімді құнарлылығын, агроландшафттардың тұрақтылығын және өңірдің экологиялық қауіпсіздігін сақтаудың шешуші факторы болып табылады.

5. Қорытынды

Зерттеу барысында топырақтың гранулометриялық құрамы мен сулы-физикалық қасиеттеріне (әсіресе кеуектілігіне) негізделі отырып, жер асты сулардың деңгейлік режимі мен ықтимал орналасу тереңдігі анықталды. Бұл ретте судың минералдану дәрежесі, суару нормасы, маусымдық буландыру қарқындылығы және капиллярлық көтерілу процестері есепке алынды. Белгілі бір уақыт интервалындағы топырақ бетінің жабындысындағы ылғалдың жоғары бағытталған миграциясы мен топырақтың қанығу дәрежесіне сәйкес жер асты сулары деңгейінің көтерілу динамикасы нақтыланады. Жер асты суларының орташа көтерілу деңгейі топырақтың гидрофизикалық сипаттамаларына тікелей тәуелді екендігі дәлелденді.

6. Қосымша материалдар: қосымша материалдар жоқ.

7. Авторлық үлестер

Концептуализация - Ә.С., Ж.Т.; әдістемесі - Қ.М.; бағдарламалық қамтамасыз ету - Г.З.; валидация - Ә.С., Ж.Т.; формалды талдау - Г.З.; зерттеу - Ә.С.; ресурстар - Г.З.; деректерді өңдеу - Ж.Т.; жазу - түпнұсқа жобасын дайындау, Ә.С.; жазу - шолу және өңдеу - Ж.Т.; визуализация - Қ.М.; жетекшілік - Ә.С. Барлық авторлар қолжазбаның жарияланған нұсқасымен танысып, келісті.

8. Автор туралы ақпарат

Сейітқазиев, Әдеубай - профессор, Қазақ ұлттық су шаруашылығы және ирригация университеті, Қ. Сәтпаев көшесі, 28, Тараз, Қазақстан, 080003, adeubai@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2044-2442>

Түлеубаев, Жақсыбай - профессор, М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Жамбыл даңғылы, 16А, Тараз, Қазақстан, 080003, tuleubayev51@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1563-1361>

Зияева, Гулнар - қауымдастырылған профессор, М.Х. Дулати атындағы Тараз университеті, Жамбыл даңғылы, 16А, Тараз, Қазақстан, 080003, gk.ziyaeva@dulaty.kz, <https://orcid.org/0000-0001-7260-2164>

Мұсабеков, Қыдыралы - доцент, Қазақ ұлттық су шаруашылығы және ирригация университеті, Қ. Сәтпаев көшесі, 28, Тараз, Қазақстан, 080003, musabekov55@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0217-6400>

9. Қаржыландыру: бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (бағдарламалық-мақсатты қаржыландыру гранты №BR24992867).

10. Алғыстар: бұл зерттеу жұмысын жүргізуге қолдау білдірген М.Х. Дулати атындағы Тараз университетінің Басқарма мүшесі - Ғылым және цифрландыру жөніндегі проректор С.А. Орынбаевқа және ғылым бөлімінің қызметкерлеріне алғыс білдіреміз.

11. Мүдделер қақтығысы: авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді. Демеушілер зерттеуді әзірлеуде, деректерді жинауда, талдауда немесе түсіндіруде; қолжазбаны жазуда немесе нәтижелерді жариялау туралы шешім қабылдауда ешқандай рөл атқарған жоқ.

12. Әдебиеттер тізімі

1. An, L. S., Zhao, Q. S., Ye, S. Y., Liu, G. Q., & Ding X. G. (2011). Water-salt interactions factors and vegetation effects in the groundwater ecosystem in Yellow River Delta. *Advances in Water Science*, 22(5), 689–695.

2. Arakelyan, A. A. (1980). Evaporation of moisture from soil surface (Ispareniye vlagi s poverkhnosti pochvy in Russian). *Proceedings of the Armenian Agricultural Institute (Trudy Armyanskogo sel'skokhozyaystvennogo instituta)*, 35, 27–31.
3. Blaylock, A. D. (1994). Soil salinity, salt tolerance and growth potential of horticultural and landscape plants (Extension Bulletin B-988R). University of Wyoming Cooperative Extension Service. <http://www.wyomingextension.org/agpubs/pubs/WY988.PDF>
4. Bresler, E., Maknil, B. L., & Karter, D. L. (1987). Solonchaks and solonetz soils. (Solonchaki i solontsy in Russian), *Leningrad: Gidrometeoizdat (Leningrad, Gidrometeoizdat)*, 296 p.
5. Deng, B. S., Wahap, H., Dang, J. H., Zhang, Y. P., & Xuan, J. W. (2015). Soil salinity dynamics and its driving factors in arid regions. *Arid Land Geography*, 38(3), 599–607.
6. Duan, Y. H., Gan, Y. Q., Wang, Y. X., Deng, Y. M., Guo, X. X., & Dong, C. J. (2015). Temporal variation of groundwater level and arsenic concentration at Jiangnan Plain, central China. *Journal of Geochemical Exploration*, 149, 106–119. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0375674214003914>
7. Durasov, A. M., & Tazabekov, T. T. (1981). Soils of Kazakhstan (Pochvy Kazakhstana in Russian) (152 p.). Alma-Ata: Kaynar.
8. Gromotovich, M. K., Lev, V. T. (1987). Drainage on saline lands of Uzbekistan (Drenazh na zasolennykh zemlyakh Uzbekistana in Russian), 120 p.
9. Hoffman, G. J., Howell, T. A., Solomon, K. H., & Dedrick, R. D. (1986). Soil salinity on irrigated lands. In *Management of Farm Irrigation Systems*. American Society of Agricultural Engineers.
10. Karpenko, N. P., & Seitkaziyeu, A. S. (2017). Ecological and meliorative justification of the water–salt regime of saline soils in the Talas irrigation massif of the Zhambyl Region (Ekologo-meliorativnoe obosnovanie vodno-solevogo rezhima zasolennykh pochv Talasskogo massiva orosheniya Zhambylskoi oblasti in Russian). *Scientific-Practical Journal of Environmental Management (Prirodoobustroistvo nauchno-prakticheskii zhurnal)*, 4, 73–79. https://drive.google.com/file/d/1SyFEVZZMdr0-k1OmqcR0v0hzEM7ilgl/view?usp=drive_link
11. Karpenko, N. P., Seitkaziyeu, A. S., & Maimakova, A. K. (2017). Regulation of the water–salt regime of soils on saline lands of the ‘Tuimeken’ and ‘Dikhan’ farms in the Zhambyl Region (Regulirovanie vodno-solevogo rezhima pochv na zasolennykh zemlyakh khozyaistv “Tuimeken” i “Dikhan” Zhambylskoi oblasti in Russian). *Scientific-Practical Journal of Environmental Management (Prirodoobustroistvo nauchno-prakticheskii zhurnal)*, 3, 70–76. https://drive.google.com/file/d/1cRMnZ5DArH-WcCT0Vcu9pimyh58mJhLM/view?usp=drive_link
12. Khachatryan, V. K., & Aidarov, I. P. (1991). Concept of improving ecological situation in Aral Sea basin (Kontseptsiya uluchsheniya ekologicheskoi i meliorativnoi situatsii v basseine Aralskogo morya in Russian). *Reclamation and Water Management (Melioratsiya i vodnoe khozyaistvo)*, 1, 2–9. <https://drive.google.com/file/d/1G5hK-c17Y-osF78AX9ek0clhYB9P1ywL/view?usp=sharing>
13. Minkin, E. A., & Krasilshchikov, G. A. (1987). Rational use of water resources (Ratsionalnoe ispolzovanie vodnykh resursov in Russian). *Methodological Issues (Metodicheskie voprosy)*, M., Nauka, 8, 47–54.
14. Raiymbekov, D. B., Qutymbek, N. Zh., Seitqaziev, A. S., Musabekov, Q. Q., & Estaev, Q. A. (2022). Meliorative–ecological justification of the water–salt regime of hydromorphic soils (Gidromorfti topyraqtardyn suly-tuzdy qubylmyn meliorativti-ekologiyalyq negizdeu in Kazakh). *Bulletin of Korkyt Ata Kyzylorda University (Qorqyt Ata atyndağy Qyzylorda universitetiniñ Habarshysy)*, 61, 42–50. <https://doi.org/10.52081/bkaku.2022.v61.i2.040>
15. Seitkaziyeu, A. S., Khozhanov, N. N., Maimakova, A. K., & Seitkaziyeu, K. A. (2018). Environmental assessment of the studied area by salinity level. Research results – findings (İzdenister, nätijeler – İssledovaniya, rezul'taty), 1(77), 254–260.

- https://drive.google.com/file/d/1QX6vb8Tj55RK5oBQM4sWVwz34MArt8GV/view?usp=drive_link
16. Seitkazyev, A. S., Musabekov, K. K., Khozhanov, N. N., Seitkazieva, K. A., & Maimakova, A. K. (2020). Method for increasing soil fertility (Sposob povysheniya plodorodiya pochvy in Russian). *National Institute of Intellectual Property (Natsional'nyy institut intellektual'noy sobstvennosti)*.
 17. Seitkazyev, A., Shilibek, K., Salybaiev, S., & Seitkazyeva, K. (2013). The research of the ground water supply process on irrigated soils at various flushing technologies. *World Applied Sciences Journal*, 26(9), 1168–1173. https://drive.google.com/file/d/12_zsKrYJrbOW-vcU-qzBLVRvScdtvkv/view?usp=drive_link
 18. Seitkazyev, A. S. (1999). Substantiation of hydrochemical reclamation on saline lands (Tuzdy zherlerdegi meliorativtik gidrokhimiyany negizdeu in Kazakh). *Publisher (Zharshy)*, 4, 48–56.
 19. Seitkazyev, A. S. (2002). Determination of the irrigation norms in saline soil layers based on their porosity and water saturation (Tuzdy topyraq qabatyndagy keuektiligi men sudyn qanyguyna saikes shaiyu molserin anyqtau in Kazakh). *Research (Izdenis)*, 3, 152–158.
 20. Seitkazyev, A. S. (2007). Effective methods for soil desalination in the reclaimed area (Aualandyru aimagyndagy topyraqty tuzsizdandyru dyn tiimdi tasilderi in Kazakh). *Bulletin of M.Kh. Dulati Taraz Regional University (M.Kh. Dulati atyndagy TarMU Khabarshysy)*, 4, 50–55.
 21. Seitkazyev, A. S. (2011). Techniques for implementing ecological–meliorative measures based on soil moisture (Topyraq ylgaldylygyna bailanysty ekologiyalyk-meliorativtik sharalardy qoldanu tasilderi in Kazakh). *Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University (L.N. Gumilev atyndagy Euraziya ul'tyq universiteti Khabarshysy)*, 4(83), 146–149.
 22. Seitkazyev, A. S. (2013). Complex reclamation measures and modeling of salt transfer in saline soils (Kompleks meliorativnykh meropriyatii i modelirovanie perenosa solei na zasolennykh pochvakh in Russian). In *Materials of the International Scientific-Practical Conference (Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii)*, 82–86. https://drive.google.com/file/d/1JBcCEKz_aJQO2IU2MtQNpXUU11pbsB3o/view?usp=drive_link
 23. Seitkazyev, A. S. (2019). Ecological–meliorative justification of leaching norms for saline soils in the Zhambyl region (Ekologo-meliorativnoe obosnovanie promyvnykh norm zasolennykh pochv Zhambylskoi oblasti in Russian). In *Proceedings of the International Jubilee Scientific-Practical Conference (In Materialy mezhdunarodnoi yubileinoi nauchno-prakticheskoi konferentsii)*, Vol. 2, pp. 207–213. https://drive.google.com/file/d/1B4-VQbFKAALr47yNbTacRslmn6EkG7Vy/view?usp=drive_link
 24. Seitkazyev, A. S., & Budantsev, K. L. (2002). Modeling the water–salt regime of soils on saline lands (Modelirovanie vodno-solevogo rezhima pochv na zasolennykh zemlyakh in Russian). *Interuniversity Collection of Scientific Works (Mezhvuzov sbornik nauchnykh trudov)*, pp. 72–79. https://drive.google.com/file/d/168A_jskz7RFj2sXonN-fTy3Z88ZLkjl/view?usp=sharing
 25. Seitkazyev, A. S., Salybayev, S. Zh., & Abdeshov, K. B. (2020). Evaporation from the Groundwater Surface Depending on the Salinity of Soil and Groundwater (Isparenie s poverkhnosti gruntovykh vod v zavisimosti ot zasolennosti pochvogruntovykh vod in Russian). *Proceedings of the International Scientific-Practical Conference (In Materialy mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii)*, 1, 170–174. https://drive.google.com/file/d/1gAK3ZGGGFzyN790mxz-XdlnMHAJwIx1b/view?usp=drive_link

26. Seitkazyev, A. S., Tursynbaev, Kh. I., Musabekov, K. K., & Khozhanov, N. N. (2016). Disinfection of Irrigation Water Using Sodium Hypochlorite (Obezrazhivanie polivnoi vody s primeneniem gipokhlorita natriya in Russian). *Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University (L.N. Gumilev atyndagy Euraziya ul'tyq universiteti Khabarshysy)*, 2(111), 352–356.
27. Sokolenko, E. A., Zelichenko, E. N., Kavokin, A. A. (1981). Theoretical principles of soil salinization - desalinization processes (Teoreticheskie osnovy protsessov zasoleniya-rassoleniya pochv in Russian). *Science (Nauka)*, 296. <https://drive.google.com/file/d/12e1KCpyoX44sKXXgtd9po-tmYiIxnWmx/view?usp=sharing>
28. Zagumenny, A. I. (1962). Control of soil salinity (Borba s zasoleniyem oroshaemykh zemel in Russian). Alma-Ata, 72 p. <https://drive.google.com/file/d/1JA5CysVQMRaG50YQfXwjvm8IFc2jQ-dl/view?usp=sharing>

Methods for determining the actual water levels of the buzz

Adeubay Seitkaziev, Zhaxybay Tuleubayev, Gulnar Ziyayeva, Kydyraly Musabekov

Abstract. The shortage of water in irrigated lands and the processes of water movement in cultivated fields is examined based on specific research. Methods for identifying factors influencing the rise of water levels in these fields are presented using empirical data. Statistical analysis was performed on data obtained from groundwater level monitoring. It was established that the average rate of groundwater rise directly depends on the depth of its occurrence. The dynamics of water levels are significantly affected by the moisture coefficient, soil density and porosity, filtration properties, and infiltration volume. Depending on the soil structure – specifically its thickness, density, and salinity – the mineralization level of groundwater, seasonal evaporation rates, capillary rise height, and potential threshold levels were determined. These research results are based on experimental data from agricultural fields, where the rise in groundwater levels plays a crucial role in land reclamation. The study shows that the hydrogeological justification of field investigations encompasses irrigation system regimes, reclamation planning, and the integrated use of water resources. These measures are based on hydrodynamic and hydrochemical forecasts of groundwater regimes and the water-salt balance of the aeration zone. Furthermore, the findings highlight the importance of systematic monitoring to ensure the sustainable productivity of irrigated lands. This scientifically grounded analysis optimizes reclamation measures and reduces the risk of secondary soil salinization. Ultimately, the study confirms that rational water resource management is a critical factor for regional environmental safety.

Keywords: soil evaporation; filtration coefficient; fertility; irrigated land; air exchange zone; soil density.

Методы определения точных уровней грунтовых вод

Адеубай Сейтказиев, Жаксыбай Тулеубаев, Гулнар Зияева, Кыдыралы Мусабеков

Аннотация. Дефицит воды на орошаемых землях и процессы ее движения на пахотных полях следует рассматривать на основе конкретных исследований. Методы определения факторов, влияющих на подъем воды на орошаемых полях, продемонстрированы на основе

точных данных. Проведен статистический анализ данных, полученных в результате мониторинга уровня грунтовых вод. Установлено, что средняя скорость подъема грунтовых вод напрямую зависит от глубины их залегания. На динамику уровня воды существенное влияние оказывают коэффициент влажности, плотность и пористость почвы, фильтрационные свойства, а также объем инфильтруемой воды. В зависимости от структуры почвы, ее мощности, плотности и степени засоления были определены уровни минерализации грунтовых вод, показатели сезонного испарения, высота капиллярного поднятия, а также глубина залегания и вероятные предельные уровни грунтовых вод. Приведенные результаты исследования основаны на данных экспериментальных работ, проведенных на сельскохозяйственных угодьях. Повышение уровня грунтовых вод играет важную роль в мелиорации. Результаты исследования показали, что гидрогеологическое обоснование полевых исследований включает режим оросительных систем, планирование мелиоративных мероприятий и комплексное использование водных ресурсов. Мелиоративные мероприятия и комплексное использование водных ресурсов основываются на гидродинамических и гидрохимических прогнозах режима грунтовых вод, а также на водно-солевом режиме пород зоны аэрации. Полученные результаты также подчеркивают важность контроля уровня грунтовых вод для поддержания устойчивой продуктивности орошаемых территорий. Научно обоснованный анализ позволяет оптимизировать мелиоративные мероприятия и снизить риск вторичного засоления почв. Выводы исследования доказывают, что эффективное управление водными ресурсами является решающим фактором региональной экологической безопасности.

Ключевые слова: испарение из почвы; коэффициент фильтрации; плодородие; орошаемые земли; зона газообмена; плотность почвы.