

SUMMARY. The article discusses the issues of assessing the impact of vehicle emissions on the environment in the Republic of Karakalpakstan. It examines the main sources of air and soil pollution, as well as their effects on the ecosystem and human health. An increase in temperature leads to an expansion of the atmosphere and an increase in air volume, which contributes to the spread of pollution. The results obtained can be used to develop specific measures to reduce emissions and improve environmental quality.

2D O'LCHAMLI P-N-O'TISHNING O'TA YUQORI CHASTOTALI MAYDON TA'SIRIDA O'ZGARISHI

M.O.Kosimova – fizika-matematika fanlari bo'yicha falsafa doktori

A.S.Maxmudov – tayanch doktorant

Namangan muhandislik qurilish instituti

Tayanch so'zlar: 2D o'lchamli p-n-o'tish, kvant sig'imi, O'YUCH maydon, oksid sig'imi, bir qatlamli MoS₂.

Ключевые слова: 2D-размерный p-n-переход, квантовая плотность, поле сверхвысокой частоты поле, оксидная плотность, однослойная поверхность ферми квантовой плотности MoS₂.

Key words: 2D-dimensional p-n junction, quantum density, microwave field, oxide density, single-layer Fermi surface quantum density MoS₂.

Kirish. So'ngi yillarda, turli xil ikki o'lchovli (2D) nanomateriallarni ko'plab texnikalar orqali sintez qilish va ishlab chiqarishga katta e'tibor qaratilmoqda [1-2].

Odatda, u fotovoltaiik qurilmalarda, yarimo'tkazgichli qurilmalarda, superkondensatorlar uchun elektrodlarda va suvni tozalashda qo'llaniladi [1]. Asosan, elektronika ishlatiladigan 2D materiallar, shuningdek, elektron qurilmalarni ishlab chiqarish [3].

[5] ishda metall o'tishli dixalkoginit ikki o'lchamli yarimo'tkazgich qurilmalarda kvant sig'imi hamda maydonlarning yuqori chiziqli zichligining tashuvchi statistikasiga ta'siri tadqiq qilingan va tajriba ma'lumotlari bilan taqqoslangan. Bu ishda 2D o'lchamli yarimo'tkazgichlardagi xarakatchan zaryad tashuvchilarning dispersiya E-k xolati o'tkazuvchanlik zonasining tubida va valent zonaning yuqorisida birinchi Brillion zonasi parabolik yaqinlashish bilan topiladi:

$E(k) = \hbar^2 k^2 / 2m^*$ bunda, $\hbar$ - Plank doimiysi, m^* -

effektiv massa va $k = \sqrt{k_x^2 + k_y^2}$ - 2D tekislikdagi

to'lqin vektori. Holatlar zichligi $g(E) = g_s g_v m^* / 2\pi\hbar^2$

ifoda bilan aniqlanadi. Bunda, g_s va g_v mos ravishda spin va degeneratsiya faktorlari. O'tkazuvchanlik va valent zonalaridagi 2D zaryad tashuvchilarining konsentratsiyasi

$$n = \int_{E_c}^{\infty} g(E) f(E) dE \text{ va } p = \int_{-\infty}^{E_v} g(E) (1 - f(E)) dE \quad (1)$$

kabi aniq tasvirlangan [4], bu yerda, E_c va E_v mos ravishda o'tkazuvchanlik va valent zonasi energiyalari. To'ldirish extimolligi – bu Fermi – Dirak taqsimot funksiyasidir:

$$f(E) = 1 / (1 + \exp((E - E_f) / kT)) \quad (2)$$

Bunda, E_v - Fermi energiyasi. Yuqoridagi tenglamalardan o'tkazuvchanlik zonasidagi elektronning konsentratsiyasi:

$$n = g_{2D} kT \ln(1 + \exp((E_f - E_c) / kT)) \quad (3)$$

va valent zonadagi kovaklar konsentratsiyasi:

$$p = g_{2D} kT \ln(1 + \exp(-(E_f - E_v) / kT)) \quad (4)$$

ifodalarini topish mumkin. Bu yerda elektron va kovaklarning effektiv massalari bir xil deb faraz qilingan. Termodinamik muvozanat shartida n-tipli metall o'tishli dixalkogonitlarda Fermi energiyasi

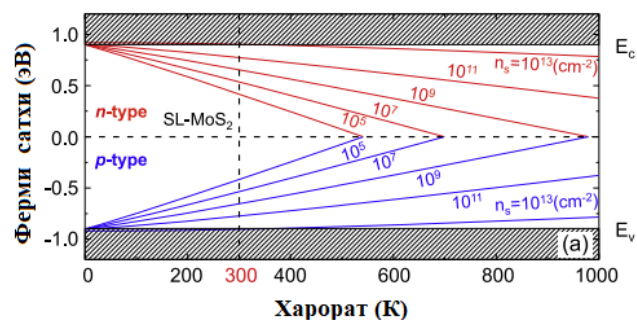
$$E_f - E_c = kT \ln(\exp(n / g_{2D} kT) - 1) \quad (5)$$

p-tipli uchun esa

$$E_v - E_f = kT \ln(\exp(p / g_{2D} kT) - 1) \quad (6)$$

ga teng bo'ladi.

1-rasmda 2D o'lchamdagi turli zaryad tashuvchilar konsentratsiyasidagi bir qatlamli MoS₂ uchun Fermi satxining haroratga bog'liqligi ko'rsatilgan.



1-rasm. 2D o'lchamdagi turli zaryad tashuvchilar konsentratsiyasida bir qatlamli MoS₂ Fermi satxi ning harorat funksiyasi [5].

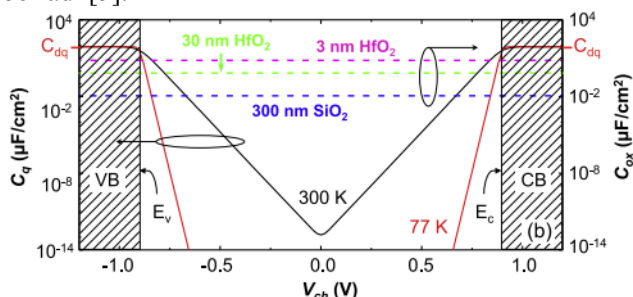
Bunda, qizil chiziqlar n – tipli va ko'k chiziqlar p – tipli yarimo'tkazgich qatlamlar uchun chizilgan. Gori-zontal punktir chiziqlar esa xususiy MoS₂ uchun taxmin qilinganidek simmetrik qoladi. Bir qatlamli metall o'tishli dixalkoginitlar uchun elektronning effektiv mas-salari: MoS₂ uchun $m_e \approx 0.57m_0$, MoSe₂ uchun $m_e \approx 0.6m_0$, MoTe₂ uchun $m_e \approx 0.61m_0$ ga teng bo'ladi. 1-rasmda zaryad tashuvchilar statistikasi xona haroratida juda uzoq vaqt davomida generatsiyalanib qoladi. Zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi $10^{11} - 10^{13} \text{ sm}^{-2}$ qiymatlarida Fermi satxiga deyarli kirmaydi. Yuqori haroratlarda esa yarimo'tkazgich chiziqlararo termal qo'zg'alish tufayli zaryad tashuvchilar o'ziga xos bo'ladi. 2D kristall yarimo'tkazgichlar uchun xususiy zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi (n_i) quyidagicha aniqlanadi:

$$n_i = n = p = g_{2D} kT \ln \left(1 + \exp \left(-\frac{E_0}{kT} \right) \right) \quad (7)$$

Bu yerda, $E_0 = E_g/2$, E_g – taqiqlangan zona kengligi. Bir qatlamli MoS₂ uchun $E_g = 1.8\text{ eV}$ ga teng. Agar ikki o‘lchamli yarimo‘tkazgichlar uchun $E_0 \gg kT$ shart bajarilsa, xususiy zaryad tashuvchilar konsentratsiyasi

$$n_i \approx g_{2D} kT \exp(-E_g/2kT) \quad (8)$$

formula bilan aniqlanadi. Bir qatlamli MoS₂ uchun xona temperaturasida $n_i \sim 1.1 \cdot 10^{-2} \text{ cm}^{-2}$ ga teng bo‘ladi [5].



2-rasm. Kvant sig‘imi funksiyasi sifatida 77 va 300K haroratdagi elektrostatik potensial. Elektrostatik sig‘im 3nm va 30nm li HfO₂ hamda 300nm SiO₂ maydon birligi uchun adabiyotlarda quyidagicha ko‘rsatilgan. $C_{dq}-C_q$ ning degeneratsiya chegarasi [5].

Tadqiqot metodologiyasi.

Zaryad tashuvchining konsentratsiyasi va Fermi satxini yarimo‘tkazgichli maydoniy tranzistorlarda kirish kuchlanishi (gate voltage) yordamida boshqariladi. Bir qatlamli MoS₂ ichki kanaliga musbat kirish kuchlanishi ulanganda o‘tkazuvchanlik zonasini elektronlar bilan to‘ldiradi, natijada Fermi satxi o‘tkazuvchanlik zonasi tomon suriladi. Bir qatlamli MoS₂ dagi elektron konsentratsiyasini elektrostatik potensialga bog‘liqlik ifodasi quyidagi munosabatdan topiladi [5].

$$n_{2D} = g_{2D} kT \ln \left(1 + \exp \left(-\frac{(E_0 - eU_{ch})}{kT} \right) \right) \quad (9)$$

Bunda, U_{ch} - elektrostatik potensial. 2D o‘lchamdagi bir qatlamli MoS₂ umumiy zaryad zichligi elektron va kovaklar zichligini muvozanatlash orqali olinadi $Q_{ch} = q(p_{2D} - n_{2D})$. Kanal potentsiali o‘zgarishiga nisbatan umumiy zaryad kabi kvant sig‘imi ham osongina olinadi.

$$C_q = -\frac{dQ}{dU_{ch}} \quad (10)$$

Differensiallash va soddalashtirishlardan so‘ng bu ifodani quyidagicha yozish mumkin:

$$C_q = q^2 g_{2D} \left\{ \left[1 + \exp \left(\frac{E_0 - qU_{ch}}{kT} \right) \right]^{-1} + \left[1 + \exp \left(\frac{E_0 + qU_{ch}}{kT} \right) \right]^{-1} \right\} \quad (11)$$

Bu ifodadan quyidagi tenglikka ega bo‘lamiz:

$$C_q \approx q^2 g_{2D} \left[1 + \frac{\exp(E_g/2kT)}{2 \cosh(qU_{ch}/kT)} \right] \quad (12)$$

2 – rasmda hona xaroratida va 77K da hisoblangan bir qatlamli MoS₂ kvant sig‘imini U_{ch} ning funksiyasi sifatida ko‘rsatilgan. Rasmda ichki qatlamdagi Fermi satxining joylashishi ham tasvirlangan. Elektrostatik parallel plastinka sig‘imi C_{ox} metall o‘tishli dihalgoginiet va maydonli tranzistorlar uchun kirish oksidi (gate oxide) sifatida doimiy ishlatiladigan 2 ta diyelektrik: HfO₂ va SiO₂ lar uchun ko‘rsatilgan. $|qU_{ch}| > E_0$

bo‘lganda Fermi satxi o‘tkazuvchanlik yoki valent zonasiga va degeneratsiya (rekombinatsiya) chegarasiga yaqin joylashganda kvant sig‘imi to‘yinganlik xolatida bo‘ladi. Bunda: $C_q = C_{dq} = q^2 g_{2D}$. 2-rasmda diyelektrik xolatlar bilan ko‘rsatilganidek generatsiyalangan zonaning ko‘p qismi uchun $C_q \ll C_{ox}$. 3nm li diyelektriklar HfO₂ uchun degeneratsiya chegarasi C_{dq} bilan C_{ox} ni solishtirish mumkin. Kvant sig‘imi maydon ta’sirida sezilarli o‘zgarishi mumkin.

Biroq, yuqorida keltirilgan tadqiqotlarda 2D o‘lchamli metall o‘tishli dihalgoginitlar kvant sig‘imining tashqi ta’sirlar natijasida o‘zgarishi nazariy jixatdan o‘rganilmagan.

Ishning maqsadi, 2D o‘lchamli metall o‘tishli dihalgoginitlar kvant sig‘imining tashqi ta’sirlar natijasida o‘zgarishini nazariy jixatdan tushuntirib berishdan iborat.

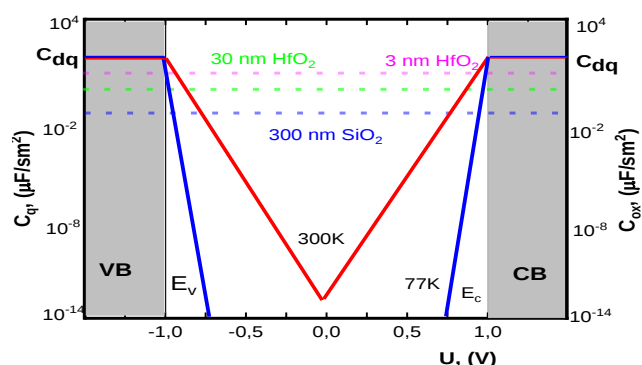
Tahlil va natijalar.

2D o‘lchamdagi bir qatlamli MoS₂ kvant sig‘imining O‘YUCH maydon ta’siri.

2D o‘lchamdagi bir qatlamli MoS₂ kvant sig‘imi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$C_q \approx q^2 g_{2D} \left[1 + \frac{\exp(E_g/2kT)}{2 \cosh(qU_{ch}/kT)} \right] \quad (13)$$

Ushbu ifodadan foydalanib, 2D o‘lchamdagi bir qatlamli MoS₂ kvant sig‘imining elektrostatik potensialga bog‘liqlik grafigini olish mumkin (3-rasm).



3-rasm. 2D o‘lchamdagi bir qatlamli MoS₂ kvant sig‘imining elektrostatik potensialga bog‘liqligi.

2D o‘lchamdagi bir qatlamli MoS₂ kvant sig‘imiga O‘YUCH maydon ta’sir ettirib, buning natijasida elektron va kovaklar qizishini hisobga olgan holda (26) ifoda ko‘rinishini quyidagicha yozish mumkin:

$$C_q \approx q^2 g_{2D} \left[1 + \frac{\exp(E_g/2kT)}{2 \cosh(q(U_{ch} + U)/kT)} \right] \quad (14)$$

O'YUCH maydon ta'sirida elektron va kovaklarning qizishi asosiy va asosiy bo'lmagan zaryad tashuv-

chilarning injeksiya toklari $e \frac{e\varphi}{kT_e}$, $e \frac{e\varphi}{kT_h}$ ko'rinishda

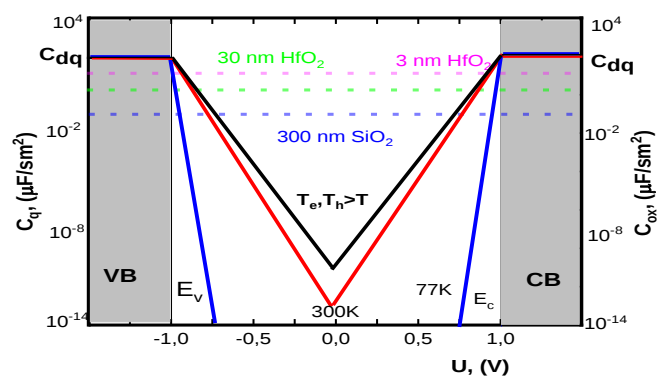
harorat ortishi bilan ortib boradi, bundan tashqari, p-n o'tish potensial to'sig'i tashqi O'YUCH maydon ta'sirida davriy ravishda o'zgarib turadi. Hosil bo'lgan

injeksiya toklari $e \frac{e(\varphi_0 + U \cos \omega t)}{kT_e}$, $e \frac{e(\varphi_0 - U \cos \omega t)}{kT_h}$

ko'rinishni oladi. Bu yerda $U_1 = \int \vec{E}_1 dx$, p-n o'tishga tushayotgan elektromagnit to'lqinning p-n o'tish tekisligiga perpendikulyar tashkil etuvchisi. Bu esa o'z navbat-

ida $e \frac{eU_1}{kT_e} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} e \frac{eU_1 \cos \omega t}{kT_e} d\omega t$ o'rtacha tokni

oshishiga sabab bo'ladi [6-10]. p-n o'tishli diodlarda qizish va to'g'rilanish natijasida rekombinatsiya toklarini ortadi. O'YUCH to'lqin energiyasining bir qismi erkin elektron va kovaklar haroratini ortiradi. Bunda elektromagnit to'lqin energiyasi elektron va kovaklar gazining kinetik energiyasiga aylanadi. Qizigan elektron va kovaklar potensial to'siqdan o'tib, rekombinatsiya toklarini ortishiga sharoit yaratadi natijada p-n o'tish EYUK manbaiga aylanadi. Bunda O'YUCH maydon energiyasi hisobiga diod o'zgaras EYUK hosil qiladi. Qolgan ortiqcha energiya atrof muhitga issiqlik ko'rinishda beriladi. O'YUCH maydon energiyasi rekombinatsiya toklarini hosil qilish uchun sarflanadi. O'YUCH maydon ta'sirida ya'ni $T_e, T_h > T$ bo'lganda kvant sig'imi (27) ifodaga ko'ra ortadi (7-rasm).



4-rasm. O'YUCH maydon ta'siridagi bir qatlamli MoS₂ kvant sig'imining elektrostatik potensialga bog'liqligi.

4-rasmda O'YUCH maydon ta'siridagi bir qatlamli MoS₂ kvant sig'imini elektrostatik potensial funksiyasi hamda, elektrostatik parallel plastinka sig'imi C_{ox} metall o'tishli dihalogineta va maydonli tranzistorlar uchun kirish oksidi (gate oxide) sifatida doimiy ishlatiladigan 2 ta diyelektrik: HfO₂ va SiO₂ lar uchun ko'rsatilgan. Rasmdan ko'rinib turibdiki, O'YUCH maydon ta'sirida C_q Fermi satxiga mos ravishda ortib boradi.

Xulosa. O'YUCH maydon ta'sirida bir qatlamli MoS₂ kvant sig'imi Fermi satxiga mos ravishda ortib boradi. Oksid sig'imi deyarli o'zgarmaydi, chunki u faqat oksid qatlami fizik xossalariga bog'liq. Biroq, juda yuqori maydonlar ostida diyelektrik buzilish yoki defektlar oksid sig'imini o'zgartirishi mumkin. 2D materiallarda kvant sig'imining yuqori qiymati tranzistorlarning ishlash tezligi va sezgirligini oshiradi. Oksid sig'imi esa materialning elektr maydon ostida chidamliligini aniqlaydi.

Adabiyotlar

1. Y. Pan, *et al.* Construction of 2D atomic crystals on transition metal surfacys: graphene, silicyene, and hafnene <http://dx.doi.org/10.1002/sml.201303698> Small, 10 (11) (2014), pp. 2215-2225
2. S.B. Mitta, *et al.* Electrical characterization of 2D materials-based fiyeld-effect transistors 2D ater., 8 (1) (2021), <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2053-1583/abc187>
3. Gulyamov G., Shahobiddinov B. (2022). EFFECT of LIGHT on VOLT-AMPERE CHARACTERISTICS of p-n JUNCTION. Web of Scientist: International Scientific Research Journal, 3(10), 314-318. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/GNSP9>.
4. Gulyamov G., Dadamirzayev M. G., Kosimova M. O. COMPARISON OF PARAMETERS OF TWO-DIMENSIONAL (2D) AND THREE-DIMENSIONAL (3D) PN-JUNCTION DIODES //Romanian Journal of Physics. – 2023. – T. 68. – S. 603.
5. Gulyamov G. et al. Influyencye of deformation and light on the diffusion capacity and differential resistancye of the pn junction of a strong electromagnetic fiyeld //AIP Conferencye Procyeyedings. – AIP Publishing, 2023. –T. 2700. –№. 1.
6. COMPARISON OF 2D AND 3D P-N JUNCTION DIFFERENTIAL CONDUCTANCYE AND DIFFUSION CAPACITANCYE Dadamirzayev M.G., Kosimova M.O., Boydedayev S.R., Makhmudov A.S. East European Journal of Physics., 2024, 2024(2), -P. 372-379
7. Effect of Variation of Non-ideal Ratio on Electrical Properties of P-N Junction in Strong Microwave Field, //Iranian Journal of Materials Science and Engineering- IJMSE 2024.-21(4)-30-37 <http://dx.doi.org/10.22068/ijmse.3243>
8. Gulyamov G., Dadamirzayev G., Dadamirzayev M., Kosimova M. (2020).The influyencye of the microwave fiyeld on the characteristics of the pn junction. *Euroasian Journal of Semiconductors Sciencye and Engineyering*, 2(4), 7.

9. Dadamirzayev M. G., & Kosimova M. O. (2018). The effect of the variation of the electric field of the UHF waves on the CVC of the asymmetric pn-junction. *ISJ Theoretical & Applied Sciencye*, 10 (66), 401-405.
10. Gulyamov G., Erkaboyev U.I., Majidova, G.N., Qosimova, M.O., & Davlatov, A.B. (2015). New Method of Determining the Landau Levels in Narrow-Gap Semiconductors. *Open Journal of Applied Sciencies*, 5(12), 771-775.
11. Gulyamov G. (2023). THE INFLUENCE OF DEFORMATION AND LIGHT ON THE PN JUNCTION IV CHARACTERISTIC IN AN ELECTROMAGNETIC FIELD. *Eur. Chem. Bull*, 12, S3.
12. Dadamirzayev M.G., Kosimova M.O., Boydedayev S.R., Makhmudov A. S. (2024). COMPARISON OF 2D AND 3D PN JUNCTION DIFFERENTIAL CONDUCTANCE AND DIFFUSION CAPACITANCE. *European Journal Of Physics*, 2, 372-379.
13. Dadamirzayev M., Kosimova M., Makhmudov A., Tursunov M. (2023). LIGHT POWER FACTOR ON THE CHARACTERISTICS OF TWO-DIMENSIONAL PN DIODES. *I PRIKLAĐNYE PROBLEMY SOVREMENNOY FIZIKI FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS OF MODERN PHYSICS*.

REZYUME. O'ta yuqori chastotali (O'YUCH) maydon ta'sirida bir qatlamli MoS₂ kvant sig'imi Fermi satxiga mos ravishda o'zgarishi o'rganilgan. 2D materiallarda kvant sig'imining yuqori qiymati tranzistorlarning ishlash tezligi va sezgirligini oshirishga xizmat qilishi, hamda oksid sig'imi esa materialning elektr maydon ostida chidamliligini oshirishi ko'rsatilgan.

РЕЗЮМЕ. В данной статье изучено, как однослойная квантовая плотность MoS₂ изменяется в соответствии с уровнем Ферми под действием поля сверхвысокой частоты. В материалах работы показано, что в 2D-материалах более высокое значение квантовой плотности служит для увеличения скорости работы и чувствительности транзисторов, а оксидная плотность увеличивает долговечность материала под электрическим полем.

SUMMARY. It was studied how the single-layer quantum density of MoS₂ changes according to the Fermi level under the action of a microwave field. It was shown that in 2D materials, a higher quantum density value serves to increase the operating speed and sensitivity of transistors, and the oxide density increases the durability of the material under an electric field.

HOSILDORLIKNING SUV MIQDORIGA NISBATAN PROPORSIONALLIGINI ANIQLASH USULLARI

A.A.Qudaybergenov – doktorant, *texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori, dotsent*
Mirzo Ulug'bek nomidagi O'zbekiston milliy universiteti

B.B.Absametov – assistent o'qituvchi

Q.Q. Elmuratov – stajyor o'qituvchi

M.S.Qudaynazarov – stajyor o'qituvchi

Berdaq nomidagi Qoraqalpog davlat universiteti

Tayanch so'zlar: sug'orish, hosildorlik, suv, ekin, o'simlik, usul, model.

Ключевые слова: орошение, урожайность, вода, культура, растение, метод, модель.

Key words: irrigation, yield, water, crop, plant, method, model.

Kirish. Qishloq xo'jaligi ekinlari hosildorligini suv miqdoriga nisbatan proporsionalligini aniqlash, suv resurslaridan samarali foydalanish va ekologik barqarorlikni ta'minlashda asosiy ahamiyatga ega. Suv - bu ekinlarning o'sishi va rivojlanishi uchun asosiy omil bo'lib, uning optimal miqdori hosilning sifati va miqdorini belgilaydi. Shuning uchun, hosildorlikning suv miqdoriga bog'liqligini matematik usullar yordamida aniqlash, zamonaviy qishloq xo'jaligining asosiy vazifalaridan biri hisoblanadi.

Qoraqalpog'iston Respublikasining iqlimi va tabiiy sharoitlarida hosildorlikning suv miqdoriga bog'liqligini tahlil qilish mahalliy ekinlarning suv talablarini aniqlash va suv resurslarini samarali foydalanish uchun muhimdir. Qoraqalpog'istonda kontinental iqlim hukm suradi. Yozda havo harorati +40°C gacha ko'tarilishi, qishda esa -20°C gacha pasayishi mumkin. Yog'ingarchilik miqdori yiliga 100-150 mm atrofida, bu esa ekinlar uchun yetarli emas. Tuproqlari asosan qumli va sho'rli bo'lib, suvni saqlash qobiliyati past. Shuning uchun sug'orish asosiy suv manbai hisoblanadi.

Sug'orish uchun asosan Amudaryo daryosidan foydalaniladi. Suvning noaniq taqsimlanishi va sho'rlanish muammolari mavjud.

Asosiy qism. Hosildorlik va suv miqdori o'rtasidagi bog'liqlik agronomik ma'lumotlar yoki eksperimental tadqiqotlar orqali aniqlanadi. Bu bog'liqlikni baholashning bir necha usullari mavjud.

1. Tajriba ma'lumotlari orqali tahlil.

Ma'lum bir ekin turi uchun suv iste'moli va hosildorligi haqida ma'lumotlar mavjud bo'lsa, u holda regressiya tahlili usuli orqali ularning bog'liqligini aniqlashimiz mumkin.

Agar hosildorlik suv miqdoriga nisbatan to'g'ri proporsional bo'lsa, u holda bog'liqlik chiziqli funksiya bo'ladi:

$$Y(x) = a \cdot x + b \quad (1)$$

Bu yerda x - suv miqdori (m³/ga, $Y(x)$ - suv miqdoriga nisbatan hosildorlik (t/ga), a - hosildorlikning suvga nisbatan o'sish koeffitsienti (t/ga m³), b - boshlang'ich hosildorlik (suvsiz holda).