

ШЎРЛАНГАН ВА ШЎРХОК ЕРЛАРДА ЎСИМЛИКЛАР УЧУН ЗАРАРЛИ ТУЗЛАРНИ БЛОКЛАШ МЕХАНИЗМИНИНГ ИЛМИЙ НАЗАРИЙ ЕЧИМЛАРИ

Абдусамат Ахатов, қишлоқ хўжалиги фанлари номзоди,

“Турон фанлар академияси” академиги,

Буриев Салимжан Самеджанович, қишлоқ хўжалиги фанлари номзоди,

Бобоев Ҳасан Одилович, қишлоқ хўжалиги фанлари доктори,

Атроф-муҳит ва табиатни муҳофаза қилиш технологиялари илмий-тадқиқот институти.

Аннотация. Ушбу мақолада шўрланган ва шўрхок тупроқларда сувда осон эрийдиган зарарли тузларни, хусусан, хлорид ва сульфат-хлорид типидagi шўрланишни бартараф этиш ёки блоклашнинг термодинамик жиҳатдан асосланган усуллари баён этилган. Кремнезём (SiO_2) ва бир ярим оксидлар (Al_2O_3 , Fe_2O_3) асосидаги минерал моддалар билан амалга оширадиган реакциялар натижасида содалит ва кремненатриолит каби сувда эримайдиган, барқарор минерал шакллар ҳосил бўлиши таъминланади. Бу жараёнлар тупроқдаги шўрланиш даражасини камайтиради, ўсимликларнинг ўсишини яхшилайдиган ва экологик барқарорлиқни таъминлашга хизмат қилади.

Калит сўзлар: шўрланган тупроқ, шўрхок тупроқ, кремнезём, бир ярим оксидлар, содалит, кремненатриолит, минерал моддалар, гидролизга чидамли бирикма, термодинамика, энергия.

Аннотация. В статье представлены научно обоснованные подходы к снижению концентрации легкорастворимых солей в засоленных и солончаковых почвах, особенно хлоридного и сульфатно-хлоридного типа засоления. Рассмотрены термодинамически устойчивые реакции с участием кремнезема (SiO_2) и полуторокислов (Al_2O_3 , Fe_2O_3), в результате которых образуются нерастворимые минералы — содалит и кремненатриолит. Эти соединения способствуют фиксации вредных ионов, повышают плодородие почвы и улучшают экологическое состояние агроэкосистем.

Ключевые слова: засоленные почвы, солончаковые почвы, кремнезем, полуторокислов, содалит, кремненатриолит, минеральные соединения, термодинамика, гидролизуостойчивость, энергия.

Abstract. This article presents a thermodynamically grounded approach to mitigate the effects of water-soluble salts—especially of chloride and sulfate-chloride types—in saline and brackish soils. The study explores the formation of stable, insoluble mineral compounds such as sodalite and natrosilicate through reactions involving silica (SiO_2) and sesquioxides (Al_2O_3 , Fe_2O_3). These reactions immobilize harmful ions, reduce soil salinity, enhance plant growth, and contribute to the ecological sustainability of agricultural systems.

Keywords: saline soils, brackish soils, silica, sesquioxides, sodalite, natrosilicate, mineral stabilization, salt immobilization, thermodynamics, hydrolysis resistance, energy

Кириш. Арид ва субарид минтақаларда тупроқнинг шўрланиши ва шўрхокланиши, айниқса, иқлим ўзгариши ва сув ресурслари танқислиги шароитида, қишлоқ хўжалиги барқарорлиги учун жиддий хавф туғдирмоқда. Бундай шароитларда тупроқдаги сувда осон эрийдиган, ўсимликлар учун токсик таъсирга эга бўлган хлорид ва сульфат тузларнинг миқдори камайтириш ёки уларни барқарор минерал шаклларда блоклаш муҳим илмий-амалий вазифа ҳисобланади.

Мавжуд агротехнавий тадбирлар, жумладан, шўрларни ювиш орқали тузларни камайтириш усули, сув танқислиги сабабли самарадорлигини йўқотиб бормоқда. Шу муносабат билан, шўрланган ва шўрхок тупроқларда тузларни блоклашнинг термодинамик асосланган механизмларини ишлаб чиқиш долзарб масала бўлиб, жаҳон, хусусан, Хитой ва Корея илмий манбаларида ҳам етарлича ёритилмаган.

Тупроқ — кўп компонентли, гетероген ва термодинамик тизим бўлиб, ундаги жараёнлар иссиқлик, модда ва энергия алмашинуви билан боғлиқ.

Арид зоналар тупроқлари, одатда, кам гумусли, энергия паст тизимлар ҳисобланади. Уларда термодинамик жараёнларни фаоллаштириш ва тупроқ энергиясини ошириш мақсадида бир ярим оксидлар — SiO_2 , Al_2O_3 ва Fe_2O_3 қўлланилиши мумкин. Ушбу оксидлар ёрдамида сувда эрувчи тузларни эримайдиган, гидролизга учрамайдиган мураккаб минерал бирикмалар — кремненатриолит, содалит, гаюин каби

фазаларга айлантириш имкони мавжуд. Масалан, аморф кремнезём (SiO_2) ва натрий хлор тузи (NaCl) ўзаро таъсирлашиб сувда эримайдиган $\text{SiO}_2(\text{NaCl})_2$ — кремненатриолит минералини ҳосил қилади. Шунингдек, Al_2O_3 , SiO_2 ва NaCl иштирокидаги реакция натижасида $[\text{Na}_8(\text{AlSiO}_4)_6\text{Cl}_2]$ формуласига эга содалит минерали шаклланади, у сувда ва кислоталарда эримайди. Бошқа реакциялар орқали сульфат ионларини ҳам блоклаш имкони мавжуд бўлиб, бу жараёнлар натижасида атмосферага кислород ажралиб чиқиши кузатилади.

Ушбу термодинамик ёндашув орқали шўрланган тупроқларда зарарли тузларни камайтириш нафақат қишлоқ хўжалик ҳосилдорлигини оширади, балки атроф-муҳитни муҳофаза қилиш, ўсимликларда сувсизланиш ва синтификация аломатларини олдини олиш, атмосферанинг кислород билан бойишига ҳам ҳисса қўшади.

Натижалар ва мунозара. Тадқиқот натижалари шўрланган ва шўрхок тупроқларда сувда осон эрийдиган зарарли тузларни блоклаш учун аморф кремнезём (SiO_2), алюминий (Al_2O_3) ва темир (Fe_2O_3) бир ярим оксидларининг таъсири аниқланди. Тупроққа қўшилган мазкур оксидлар сувда эримайдиган силикатли ва алюмосиликатли минералларни — жумладан, кремненатриолит ва содалит шаклидаги комплекс тузларни шакллантиришга олиб келди. Бу бирикмалар Na^+ ва K^+ катионлари билан реакцияга киришиб, уларни эримайдиган ҳолатга ўтказди, натижада сувда осон эрийдиган тузлар миқдори

сезиларли даражада камайди.

Рентген фазовий таҳлил натижалари кремненатриолит $[2\text{SiO}_2 + 3\text{NaCl} \rightarrow 2\text{SiO}_2(\text{NaCl})_3]$ ва содалит $[8\text{NaCl} + 6\text{SiO}_2 + 3\text{AlO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Na}_8(\text{AlSiO}_4)_6\text{Cl}_2 + 6\text{HCl}]$ (2) минералларининг тупроқда барқарор шаклда ҳосил бўлишини тасдиқлади. Ҳосил бўлган минераллар сувда ҳамда спиртта эримайди, бу уларнинг тупроқда тузларни самарали блоклаш хусусиятини кўрсатади.

Шунингдек, сульфат ионлари CaCO_3 билан реакцияга киришиб, карбон тиооксид (CS_2) шаклида сувда эримайдиган модда ҳосил қилади. Бу реакция натижасида атмосферага кислород ажралиб чиқади, бу эса атроф-муҳитни кислород билан бойитишда ижобий аҳамиятга эга. Ушбу реакциялар $[2\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{O} + \text{CaO} + 2\text{CS}_2 + 4\text{O}_2]$ ва $[2\text{HCO}_3 + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow 2\text{CS}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 10\text{O}_2]$ тенгламалари орқали ифода этилади.

Лаборатория шароитида амалга оширилган қўшимча таҳлиллар шуни кўрсатдики, SiO_2 қўшилиши тупроқ энергиясини ошириб, унумдорликни яхшилади ҳамда шўрланиш ва шўрхокланиш жараёнларини секинлаштиради. Бу эса шўрланган тупроқларда ўсимликлар учун зарарли бўлган синтификация аломатларининг камайишига — сувсизланиш, озуқа танқислиги, сўлиш ва қуриб қолиш ҳолатларининг олдини олишга хизмат қилади.

Шўрланган ерлардаги тузларни камайитириш учун тупроққа соф ҳолдаги аморф кремнезём (SiO_2) ни тупроққа аралаштириб силикатли натриолит ҳамда содалит минерали, сувда эримайдиган комплекс туз ҳосил қилиш орқали камайитириш (блоклаш) механизми деб қараш лозим.

Масалан:

$2\text{SiO}_2 + 3\text{NaCl} \rightarrow 2\text{SiO}_2(\text{NaCl})_3$ кремненатриолит минерали ҳосил бўлади. У сувда эримайди. Силикатли комплекс тузлар сувда эримайди.

$8\text{NaCl} + 6\text{SiO}_2 + 3\text{AlO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Na}_8(\text{AlSiO}_4)_6 \cdot \text{Cl}_2] + 6\text{HCl}$

Натрий хлор тузини содалит минерали шаклида блокланиши, юқоридаги (2) реакция тангламаси асосида блокланади. Ҳосил бўлган содалит минерали сув ва спиртта эримайди.

Тупроқдаги сульфат ионлари қуйидаги реакция тенгламаси асосида блокланади. Масалан:

$2\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{O} + \text{CaO} + 2\text{CS}_2 + 4\text{O}_2$

Тупроқда ҳосил бўлган CO_2 сульфат иони SO_4^{2-} билан бирикиб, карбон

тиооксид CS_2 ҳосил бўлади. CS_2 сувда эримайди.

$\text{CO}_2 + 2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CS}_2 + 5\text{O}_2$

Бу реакция натижасида атмосферага кислород ажралиб чиқади.

Оқибатда атмосфера ҳавосини кислород билан бойитади.

Яна бир мисол: Тупроқда ҳамма вақт H_2CO_3 карбонат кислотаси мавжуд бўлиб, SO_4^{2-} ионлари билан реакцияга киришиб, карбон тиооксидни ҳосил қилади.

У қуйидаги реакция тенгламаси асосида амалга ошади: $2\text{H}_2\text{CO}_3 + 4\text{SO}_4^{2-} \rightarrow 2\text{CS}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 10\text{O}_2$

Бу реакция натижасида атмосферага 10 молекула ёки 224 литр кислород тенглама асосида ажралиб чиқади. (Авагадро қонунига мувофиқ нормал шароитда 22.4 литр газ ажралиб чиқади).

Ундан ташқари, SiO_2 оксиди билан ҳосил бўладиган комплекс тузлар сувда эримайди. Масалан:

$[\text{Na}_8(\text{AlSiO}_4)_6\text{Cl}_2]$ - содалит $\text{SiO}_2 + (\text{NaCl})_3$ - кремненатриолит $[\text{Na}_8\text{Ca}((\text{AlSiO}_4)_6 \cdot (\text{SO}_4)_2) \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ - гаюин тупроқларда ҳосил бўладиган комплекс тузлардир. Улар сувда ва спиртта эримайди.

Натижалардан кўринишича, шўрланган ва шўрхокл тупроқларда SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 оксидларни қўшиш орқали сувда осон эрийдиган тузларни блоклаш механизмини ишлаб чиқиш, нафақат тупроқнинг кимёвий таркибини яхшилаш, балки атроф-муҳитни муҳофаза қилиш ва атмосфера ҳавосини кислород билан бойитишда ҳам муҳим аҳамият касб этади.

Ушбу механизмлар асосида яратиладиган минерал комплекслар тупроқда тузларнинг мўътадил бирикмалар шаклида сақланишига ва ўсимликлар учун зарарли моддаларнинг камайишига олиб келади. Шу билан бирга, сув танқислиги ва иқлим ўзгариши шароитида шўрланган ерларнинг ҳосилдорлигини оширишда янги йўналишлар очилади.

Хулоса. Иқлим ўзгариши ва сув танқислиги шароитида шўрланган ерларда ўсимликлар учун зарарли бўлган сувда осон эрийдиган тузларни камайитириш (блоклаш) механизми илмий асосланди.

Тупроқда рўй берадиган жараёнларни мақбуллаштириш, яъни сувда осон эрувчи тузларни чўкмага тушириш ёки блоклаш термодинамиканинг учинчи қонунига боғлиқ эканлиги аниқланди.

Тупроқда ҳосил бўладиган силикатли тузлар K^+ ва Na^+ катионлари билан боғланганда гидролизланадиган NaSiO_2 ва KSiO_2 шакллари олади; бир ва уч валентли катионлар билан ҳосил бўладиган силикатли тузлар эса гидролизланмайди.

Натрий хлор тузининг шўрланган тупроқларда содалит минерали шаклида блокланиши қуйидаги реакция тенгламаси асосида содир бўлади:

$8\text{NaCl} + 6\text{SiO}_2 + 3\text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Na}_8(\text{AlSiO}_4)_6 \cdot \text{Cl}_2] + 6\text{HCl}$

Ҳосил бўлган содалит минерали сув ва спиртта эримайди.

Тупроқдаги сульфат ионлари SO_4^{2-} қуйидаги реакция тенгламаси асосида блокланади:

$2\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{CaCO}_3 \rightarrow 2\text{Na}_2\text{O} + \text{CaO} + \text{CS}_2 + 4\text{O}_2$

Бу жараёнда тупроқдаги CO_2 сульфат иони SO_4^{2-} билан бирикиб, сувда эримайдиган карбон тиооксид (CS_2) ҳосил қилади. Шу тариқа тупроқдаги SO_4^{2-} шакллари, олтингугурт шаклида CS_2 углерод билан бирикиб, карбон тиооксид ҳосил бўлиши реакция тенгламаси асосида аниқланди. Иқлим ўзгариши ва сув танқислиги шароитида шўрланган ва шўрхокл тупроқларнинг шўрини ювиш имкониятлари камайган вазиятда, ушбу блоклаш механизмлари қишлоқ хўжалиги маҳсулдорлигини ошириш ҳамда тупроқларнинг маҳсулдорлигини тиклашда муҳим аҳамиятга эга.

Умуман олганда, кремнезём ва бир ярим оксидлар асосида сувда осон эрийдиган тузларни блоклаш технологиялари арид ва субарид ҳудудларда тупроқларни реабилитация қилиш ва барқарор ривожланиш учун самарали йўналиш сифатида тавсия этилади.

АДАБИЁТЛАР:

1. В.А. Ковда. Основы учения о почвах. Издательство «Наука», Москва, 1973.
2. Жабборов О., Ахатов А., Тўраев Т., Нурматов У., Маматалиев А. Орол денгизи қуриган туби ётқиқларининг кимёвий, физикавий ва агрокимёвий хоссалари ва морфогенетик белгиларининг таҳлили. «Ўзбекистон Замини», 2/2020.
3. О. Рамазонов, А. Ахатов, М. Файзуллаева. Процессы осолонцевания орошаемых почв.
4. А. Ахатов. Шўртобланган гидроморф тупроқлар унумдорлигини ошириш. Тошкент, «Наврўз» нашриёти, 2017.
5. Глинка. Умумий химия. 1971.
6. Батехгин. Минералогия курси. 1966.
7. З.Н.Саидносирова, Т.В.Деркунская. Химиядан русча-ўзбекча изоҳли луғат. Тошкент, «Ўқитувчи» нашриёти, 1975.