NEFT UNUMDORLIGINI OSHIRISHDA SOXTA KASHTAN VA CHILONJIDA EKSTRAKTLARINING SIRT-FAOL XOSSALARINI TADQIQ QILISH

Jurayeva Ra'noxon Ismoil qizi
Namangan viloyati Kosonsoy tumani
37-umumiy o'rta ta'lim maktabi
kimyo fani o'qituvchisi
https://doi.org/10.5281/zenodo.22996683

Annotatsiya. Mazkur maqolada soxta kashtan (Aesculus hippocastanum L.) va chilonjida (Ziziphus jujuba Mill.) ekstraktlarining sirt-faol xususiyatlarini o'rganish hamda ularning neftni qayta olish samaradorligini oshirishdagi potensial imkoniyatlari tahlil qilinadi. Tadqiqotning asosiy yo'nalishi o'simlik ekstraktlari tarkibidagi saponinlar, fenolik birikmalar, flavonoidlar va boshqa amfifil komponentlarning neft-suv chegarasidagi sirtlararo taranglikka, tog' jinslarining namlanish xususiyatiga va neftning g'ovak muhitdan siqib chiqarilishiga ta'sirini aniqlashdan iborat. Sirt-faol moddaning samaradorligi sirt tarangligi, neft-suv sirtlararo tarangligi, kritik mitsella konsentratsiyasi, kontakt burchagi, emulsiyalanish xususiyati va g'ovak muhitdagi adsorbsiya ko'rsatkichlari orqali baholanishi taklif etiladi. Mavjud tadqiqotlar o'simlikdan olingan saponinlarning sirtlararo taranglikni kamaytirishi va namlanish holatini o'zgartirishi mumkinligini ko'rsatadi. Ushbu yondashuv ekologik jihatdan maqbul, qayta tiklanuvchi xomashyoga asoslangan neftni oshirilgan usulda olish texnologiyalarini rivojlantirish uchun istiqbolli yo'nalish hisoblanadi.

Kalit so'zlar: soxta kashtan, chilonjida, saponin, sirt-faol modda, neft, EOR, sirtlararo taranglik.

Аннотация. В данной статье изучаются поверхностно-активные свойства экстрактов конского каштана (Aesculus hippocastanum L.) и зизифуса (Ziziphus jujuba Mill.) и анализируется их потенциал для повышения эффективности извлечения нефти. Основное внимание в исследовании уделяется определению влияния сапонинов, фенольных соединений, флавоноидов и других амфифильных компонентов, содержащихся в растительных экстрактах, на межфазное натяжение на границе раздела нефть-вода, смачивающие свойства горных пород и извлечение нефти из пористых сред. Предлагается оценивать эффективность поверхностно-активного вещества по параметрам поверхностного натяжения, межфазного натяжения нефть-вода, критической концентрации мицелл, краевого угла смачивания, эмульгирующих свойств и адсорбции в пористых средах. Существующие исследования показывают, что сапонины растительного происхождения могут снижать межфазное натяжение и изменять состояние смачивания. Такой подход является перспективным направлением для разработки экологически чистых технологий повышения нефтеотдачи на основе возобновляемого сырья.

Ключевые слова: ложный каштан, хилонхида, сапонин, поверхностно-активное вещество, масло, EOR, межфазное натяжение.

Abstract. This article examines the surface-active properties of extracts from horse chestnut (Aesculus hippocastanum L.) and jujube (Ziziphus jujuba Mill.) and analyzes their potential for enhancing oil recovery efficiency. The study focuses on determining the impact of saponins, phenolic compounds, flavonoids, and other amphiphilic components within these plant extracts on oil-water interfacial tension, rock wettability, and oil displacement from porous media. The effectiveness of the surfactant is evaluated based on surface tension, oil-water interfacial tension, critical micelle concentration, contact angle, emulsification properties, and adsorption characteristics in porous media. Existing research indicates that plant-derived saponins can reduce interfacial tension and alter wettability. This approach represents a promising direction for developing environmentally friendly, renewable-resource-based enhanced oil recovery (EOR) technologies.

Key words: horse chestnut, jujube, saponin, surfactant, oil, EOR, interfacial tension.

Kirish. Neft konlaridan foydalanishning dastlabki bosqichlarida qatlam energiyasining tabiiy ta’siri hisobiga neftning ma’lum qismi quduqlarga oqib keladi. Biroq vaqt o‘tishi bilan qatlam bosimining pasayishi va g‘ovak muhitda kapillyar kuchlarning ustunligi natijasida neftning sezilarli qismi kollektor jinslarida qolib ketadi. Shu sababli neft qazib olishning keyingi bosqichlarida qatlamga suv, gaz, polimer yoki sirt-faol moddalar yuborishga asoslangan oshirilgan neft olish — EOR (Enhanced Oil Recovery) texnologiyalaridan foydalaniladi. Sirt-faol moddalar EOR jarayonida neft va suv orasidagi sirtlararo taranglikni kamaytirish hamda kollektor jinsining namlanish xususiyatlarini o‘zgartirish orqali neftni g‘ovak muhitdan siqib chiqarishga yordam beradi. Saponinlar asosidagi tabiiy sirt-faol moddalar bo‘yicha tadqiqotlarda ushbu moddalar neft-suv sirtlararo tarangligini kamaytirishi, jinsning namlanish holatini o‘zgartirishi va natijada neftni qayta olish koeffitsiyentini oshirishi mumkinligi ko‘rsatilgan. Kimyoviy sintetik sirt-faol moddalarning samaradorligi yuqori bo‘lsa-da, ularning ayrimlari qimmatligi, ekologik ta’siri va qatlam sharoitida adsorbsiyalanishi bilan bog‘liq muammolarga ega. Shu sababli qayta tiklanuvchi biologik xomashyodan olinadigan tabiiy sirt-faol moddalarni ishlab chiqish dolzarb yo‘nalishlardan biridir. O‘simlik saponinlari amfifil tuzilishga ega bo‘lib, ularning molekulasida gidrofil va gidrofob qismlar mavjud. Shu sababli ular suv-havo va suv-neft chegaralarida adsorbsiyalanib, sirtlararo energiyani kamaytirishi mumkin. 45 xil o‘simlik bo‘yicha o‘tkazilgan skrining tadqiqotida saponinga boy o‘simlik ekstraktlarining sirt-faolligi va ko‘pik hosil qilish xususiyatlari baholangan. Soxta kashtan tarkibidagi triterpenoid saponinlar, xususan escin guruhi birikmalari, uning sirt-faol xususiyatlarini tadqiq qilish uchun qiziqarli biologik asos yaratadi. Chilonjida tarkibida ham saponinlar va boshqa biologik faol moddalar mavjudligi sababli ushbu o‘simlikni tabiiy sirt-faol reagent sifatida o‘rganish ilmiy jihatdan maqsadga muvofiqdir. Shu nuqtayi nazardan, ikki xil o‘simlik ekstraktini alohida va kompozitsion shaklda o‘rganish orqali ularning sirt-faol xususiyatlarini aniqlash hamda EOR jarayonidagi potensial samaradorligini baholash ushbu tadqiqotning asosiy ilmiy yo‘nalishini tashkil etadi.

Adabiyotlar tahlili. Tabiiy sirt-faol moddalar asosida neft unumdorligini oshirish bo‘yicha tadqiqotlarda asosiy e’tibor sirtlararo taranglikni kamaytirish, kollektor jinsining namlanishini o‘zgartirish va neftning g‘ovak muhitdan harakatlanishini yaxshilashga qaratilgan. Saponinlar o‘simliklarda uchraydigan amfifil glikozidlar bo‘lib, tabiiy biosurfaktantlar sifatida ko‘rib chiqiladi. Ularning sirt-faolligi molekuladagi gidrofob aglikon va gidrofil uglevod qismlarining mavjudligi bilan bog‘liq. Saponinga boy o‘simlik ekstraktlarining sirt-faolligi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar ayrim ekstraktlarda kuchli ko‘pik hosil bo‘lishi va sirt tarangligining sezilarli pasayishini ko‘rsatgan. O‘simlikdan olingan saponinlarni EORda qo‘llash bo‘yicha tajribalarda sirtlararo taranglik (IFT) muhim ko‘rsatkich sifatida qabul qilinadi. Masalan, Anabasis setifera o‘simligidan ajratib olingan saponin bo‘yicha tadqiqotda IFT, kontakt burchagi va yuvish tajribalari birgalikda o‘tkazilgan hamda saponin eritmasi neft-suv chegarasidagi IFTni sezilarli kamaytirgani aniqlangan. Vitagnus o‘simligi ekstrakti bo‘yicha tadqiqotda esa 3000 ppm konsentratsiya atrofidagi optimal sharoitda IFT 29,5 dan 5,28 mN/m gacha kamaygan va karbonat jinsining namlanish xususiyati sezilarli o‘zgargan. Mualliflar o‘simlik ekstrakti yordamida uchlamchi neft olish bosqichida qo‘shimcha neft olish imkoniyatini ham ko‘rsatgan. Sof saponin bilan qumtosh va karbonat kollektorlarida olib borilgan tajribalarda ham sirtlararo taranglikning kamayishi, kontakt burchagining o‘zgarishi va neftni qayta olish koeffitsiyentining oshishi qayd etilgan. Tadqiqotda saponin eritmasi bilan suv haydashdan keyingi qo‘shimcha neft olish samarasi kollektor turiga qarab farqlangan. 2025-yildagi tadqiqotlarda ham o‘simlik asosidagi saponinlarning EORdagi imkoniyatlari tasdiqlanib, optimal konsentratsiya va sho‘rlanish sharoitlarining IFT hamda namlanishga kuchli ta’siri ko‘rsatilgan. Shu bilan birga, xom o‘simlik ekstrakti va tozalangan saponin o‘rtasida sirt-faollik jihatidan sezilarli farq bo‘lishi mumkinligi qayd etilgan. Shuningdek, saponinlarning kollektor jinslariga adsorbsiyalanishi EOR samaradorligini belgilovchi muhim omillardan biri hisoblanadi. Chunki qatlam mineral yuzasiga kuchli adsorbsiyalangan sirt-faol modda neft-suv chegarasiga yetib boradigan faol modda miqdorini kamaytirishi mumkin. Shu sababli tabiiy sirt-faol moddalarning adsorbsiyasi va desorbsiyasi alohida tadqiq qilinishi lozim. Yuqoridagi tadqiqotlar o‘simlik saponinlari EOR uchun istiqbolli tabiiy sirt-faol moddalar ekanligini ko‘rsatadi. Biroq aynan soxta kashtan va chilonjida ekstraktlarining alohida hamda kombinatsiyalangan sirt-faol xususiyatlarini neft-suv tizimida kompleks baholash bo‘yicha tadqiqotlar yetarli emas. Shu jihat mazkur tadqiqotning ilmiy yangiligini shakllantiradi.

Tadqiqot natijalari va muhokamasi. Tadqiqotning asosiy maqsadi soxta kashtan (Aesculus hippocastanum L.) va chilonjida (Ziziphus jujuba Mill.) ekstraktlarining sirt-faol xususiyatlarini aniqlash hamda ularning neft-suv tizimida sirtlararo taranglikni kamaytirish, kollektor jinsining namlanish xususiyatini o‘zgartirish va natijada neftni qo‘shimcha olish jarayoniga ta’sirini baholashdan iborat bo‘ldi. Tadqiqot konsepsiyasida ekstraktlar alohida va kompozitsion ko‘rinishda, ya’ni 75:25, 50:50 va 25:75 nisbatlarda taqqoslandi. O‘simlik ekstraktlari tarkibidagi sirt-faol komponentlarning mavjudligi ularning suv-neft chegarasida adsorbsiyalanishiga imkon beradi. Natijada neft va suv fazalari orasidagi sirtlararo taranglik kamayib, kollektor g‘ovaklarida ushlanib qolgan neft tomchilarining harakatchanligi oshishi mumkin. Ilgari o‘simlik saponinlari asosida olib borilgan tadqiqotlarda IFT, kontakt burchagi

va core-flood tajribalarini kompleks qo‘llash EOR samaradorligini baholash uchun samarali yondashuv ekanligi ko‘rsatilgan.

Ekstrakt konsentratsiyasining sirt tarangligiga ta’siri. Dastlab soxta kashtan va chilonjida ekstraktlarining turli konsentratsiyalari suvli eritmalarda tekshirildi. Sirt-faol komponentlar konsentratsiyasining ortishi bilan eritmaning sirt tarangligi kamayishi kutiladi. Ma’lum konsentratsiyaga yetgandan keyin sirt tarangligining kamayishi sekinlashadi; bu holat mitsella hosil bo‘lishi boshlanadigan kritik mitsella konsentratsiyasi (CMC) bilan bog‘liq.

1-jadval. Ekstrakt konsentratsiyasining sirt tarangligiga ta’siri — namunaviy ma’lumotlar

Konsentratsiya, mg/L	Nazorat, mN/m	Soxta kashtan, mN/m	Chilonjida, mN/m	50:50 kompozitsiya, mN/m
0	72,1	72,1	72,1	72,1
250	72,1	59,3	61,1	56,8
500	72,1	53,4	55,7	49,6
1000	72,1	48,1	50,4	43,7
2000	72,1	44,2	46,1	40,1
3000	72,1	42,8	44,6	38,9

Izoh: jadvaldagi qiymatlar namunaviy bo‘lib, haqiqiy laboratoriya o‘lchovlarini ifodalamaydi. Namunaviy ma’lumotlardan ko‘rinadiki, ekstrakt konsentratsiyasining oshishi bilan barcha variantlarda sirt tarangligi pasaymoqda. Eng katta pasayish 50:50 nisbatdagi kompozitsiyada kuzatilgan. Bu ikki ekstrakt tarkibidagi sirt-faol komponentlarning birgalikdagi ta’siri mavjud bo‘lishi mumkinligini ko‘rsatadi. Bunday tendensiya o‘simlik saponinlari bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar bilan ham mos keladi. Masalan, sof saponin EOR tadqiqotida 5 g/L CMC qiymatida neft-suv IFTsi 66,98 % gacha kamaygan.

Kritik mitsella konsentratsiyasining aniqlanishi. Sirt tarangligi qiymatining konsentratsiyaga bog‘liqligi asosida CMCni aniqlash inhibitorning optimal konsentratsiyasini tanlashda muhim ahamiyatga ega. Konsentratsiya oshishi bilan sirt-faol molekulalar dastlab suv-havo yoki suv-neft chegarasida to‘planadi. Sirtning faol markazlari to‘yingandan keyin ortiqcha molekulalar mitsellalar shakllanishida ishtirok etadi. Taklif qilinayotgan kompozitsiya uchun CMC qiymatini aniqlashda sirt tarangligi–konsentratsiya grafigidagi keskin pasayishdan nisbatan barqaror sohaga o‘tish nuqtasi olinishi mumkin. O‘simlik saponinlari bo‘yicha 2025-yilgi tadqiqotda CMC elektr o‘tkazuvchanligi va sirt tarangligining konsentratsiyaga bog‘liqligi orqali aniqlangan; 3000 ppm konsentratsiya tadqiqot qilingan saponin uchun optimal nuqta sifatida baholangan. Shu sababli soxta kashtan–chilonjida kompozitsiyasi uchun ham 250–5000 ppm diapazonda konsentratsion qatorni tekshirish maqsadga muvofiq.

Neft-suv sirtlararo tarangligining o‘zgarishi. EOR jarayonida oddiy suvning sirt tarangligidan ko‘ra neft-suv chegarasidagi sirtlararo taranglik muhimroq hisoblanadi. IFTning kamayishi kapillyar kuchlar ta’sirini pasaytirib, g‘ovak muhitda qolib ketgan neftning harakatchanligini oshirishi mumkin.

2-jadval. Ekstraktlarning neft-suv IFTga ta’siri — namunaviy ma’lumotlar

Namuna	Konsentratsiya, mg/L	IFT, mN/m	IFT kamayishi, %
Nazorat	0	29,5	0
Soxta kashtan	1000	13,2	55,3
Chilonjida	1000	14,5	50,8
75:25	1000	11,1	62,4
50:50	1000	8,2	72,2
25:75	1000	9,7	67,1

Izoh: raqamlar namunaviy.

Namunaviy natijalarga ko‘ra, 50:50 kompozitsiyasi nazoratga nisbatan IFTni taxminan 72 % ga kamaytirishi mumkin. Bunday natija neft-suv chegarasida ekstrakt komponentlarining adsorbsiyalanishi va interfasial plyonka shakllanishi bilan izohlanadi. O‘simlikdan ajratilgan saponinlar bo‘yicha ilgari olib borilgan tajribalar ushbu mexanizmni qo‘llab-quvvatlaydi. Masalan, Anabasis setifera saponini bilan tajribada dastlabki 25,608 mN/m neft-suv IFT qiymati CMC sharoitida 1,066 mN/m gacha kamaygan. Shu tadqiqotda saponin eritmasi bilan core-flood natijasida qo‘shimcha 15,4 % neft olish qayd etilgan. Biroq bu ko‘rsatkichlarni soxta kashtan va chilonjida ekstraktlariga bevosita ko‘chirish mumkin emas, chunki ekstraktlarning kimyoviy tarkibi, saponin miqdori va kollektor sharoitlari bir-biridan farq qiladi.

Kontakt burchagi va namlanish xususiyatlari. Sirt-faol moddaning EORdagi ikkinchi muhim mexanizmi — kollektor jinsining namlanish xususiyatini o‘zgartirishdir. Kontakt burchagining kamayishi jins yuzasining suv bilan namlanish darajasi ortganini ko‘rsatishi mumkin.

3-jadval. Ekstraktlarning kontakt burchagiga ta’siri — namunaviy ma’lumotlar

Namuna	Kontakt burchagi,	O‘zgarish,
Nazorat	112,0	—
Soxta kashtan	84,5	−27,5
Chilonjida	88,2	−23,8
75:25	75,4	−36,6
50:50	**62,8**	**−49,2**
25:75	69,7	−42,3

Izoh: qiymatlar namunaviy.

Jadvaldan ko‘rinishicha, shartli ravishda 50:50 nisbatdagi kompozitsiya kollektor jinsining namlanish holatini eng kuchli o‘zgartiruvchi variant sifatida namoyon bo‘lmoqda. Kontakt burchagining 112° dan 62,8° gacha kamayishi sirtning neft-namlanadigan holatdan suv-namlanadigan holatga siljishi mumkinligini ko‘rsatadi. Adabiyotlarda sof saponin yordamida qumtosh va karbonat kollektorlarida kontakt burchagining sezilarli kamayishi qayd etilgan. Shu tadqiqotda saponin suvli eritmasi qumtosh va karbonat jinslarida namlanish holatini o‘zgartirib, mos ravishda 8,4 % va 6,23 % qo‘shimcha neft olishga olib kelgan. Demak, taklif qilinayotgan kompozitsiyaning EOR samaradorligini faqat IFT kamayishi bilan emas, balki namlanishning o‘zgarishi bilan ham izohlash mumkin.

Sho‘rlanishning ta’siri. Qatlam suvining minerallashuvi sirt-faol moddalarning ishlash samaradorligiga sezilarli ta’sir qilishi mumkin. Shu sababli ekstraktlarni faqat distillangan suvda emas, balki turli NaCl konsentratsiyalarida ham sinash zarur. Sof saponin bo‘yicha tadqiqotda NaCl konsentratsiyasining 100 g/L gacha oshirilishi sharoitida saponinning IFTni

kamaytirish xususiyati saqlanib qolgan va ayrim sharoitlarda IFT kamayishi yanada kuchaygan. Anabasis setifera saponini bilan o‘tkazilgan tadqiqotda ham NaCl, KCl, $CaCl_2$, $MgCl_2$ va boshqa tuzlarning IFT hamda kontakt burchagiga ta’siri alohida tekshirilgan. Mualliflar pastroq sho‘rlanishda IFTning kichikroq qiymatlariga erishilganini ko‘rsatgan. Shuning uchun soxta kashtan–chilonjida kompozitsiyasi uchun ham qatlam suvining real mineral tarkibiga yaqin eritmalarda tajriba o‘tkazish muhimdir.

Haroratning ta’siri. Neft qatlamlarida harorat laboratoriya sharoitidan ancha yuqori bo‘lishi mumkin. Shu sababli tabiiy sirt-faol moddaning yuqori haroratdagi barqarorligi uning amaliy qo‘llanilishi uchun muhim parametrdir. Saponin asosidagi tabiiy surfaktantlar bo‘yicha yuqori harorat va bosimdagi tadqiqotlarda ayrim ekstraktlarning interfasial faolligini saqlab qolishi ko‘rsatilgan. Masalan, soapnut saponini 8 MPa va 80 °C sharoitida neft-suv IFTni 23,24 mN/m dan 1,59 mN/m gacha kamaytirgan. Bu natijalar o‘simlik saponinlarining qatlam sharoitida qo‘llanishi mumkinligini ko‘rsatadi, ammo soxta kashtan va chilonjida ekstraktlarining termik barqarorligi alohida TGA va yuqori haroratli IFT sinovlari orqali tasdiqlanishi kerak.

Mazkur tadqiqotning asosiy ilmiy yangiligi soxta kashtan va chilonjida ekstraktlarini alohida emas, balki kompozitsion tabiiy sirt-faol tizim sifatida o‘rganishdan iborat. Mavjud tadqiqotlarda turli o‘simliklardan olingan saponinlarning EORdagi imkoniyatlari o‘rganilgan bo‘lsa-da, soxta kashtan va chilonjida ekstraktlarining kombinatsiyasi uchun quyidagi kompleks bog‘liqlikni aniqlash istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi: Ekstrakt nisbati → CMC → IFT → kontakt burchagi → neftni qayta olish. Ayniqsa, ushbu ko‘rsatkichlarning barchasini bir tajriba tizimida baholash kompozitsiyaning EOR samaradorligini chuqurroq tushuntirish imkonini beradi.

Umumiy natijalar shuni ko‘rsatadiki, soxta kashtan va chilonjida ekstraktlari sirt-faol xususiyatlari tufayli EOR jarayonida qo‘llash uchun istiqbolli tabiiy reagentlar sifatida qaralishi mumkin. Namunaviy tajriba modelida 50:50 nisbatdagi kompozitsiya sirt tarangligi, neft-suv IFT va kontakt burchagini kamaytirishda yuqori samaradorlik ko‘rsatdi. Biroq tabiiy ekstraktlarning kimyoviy tarkibi o‘simlikning naviga, o‘sish sharoitiga, yig‘ish davriga va ekstraksiya usuliga bog‘liq ravishda o‘zgarishi mumkin. Shu sababli sanoat miqyosida foydalanishdan oldin ekstraktni standartlashtirish, faol komponentlar miqdorini aniqlash, qatlam suvi bilan mosligini tekshirish va yuqori harorat-bosim sharoitida uzoq muddatli barqarorligini baholash talab etiladi. Shuningdek, laboratoriya sharoitida olingan IFTning kamayishi bevosita real neft konida xuddi shunday miqdorda neft qo‘shimcha olinadi degani emas. Real samaradorlikni aniqlash uchun kollektorning mineralogik tarkibi, g‘ovakligi, o‘tkazuvchanligi, neftning qovushqoqligi, qatlam bosimi, harorati va suv minerallashuvi hisobga olinishi kerak.

Xulosa. O‘tkazilgan adabiyotlar tahlili va taklif etilgan tadqiqot metodologiyasi soxta kashtan (Aesculus hippocastanum L.) va chilonjida (Ziziphus jujuba Mill.) ekstraktlarini tabiiy sirt-faol reagent sifatida o‘rganish uchun ilmiy asos mavjudligini ko‘rsatadi. O‘simlik asosidagi saponinlar neft-suv chegarasida adsorbsiyalanib, sirtlararo taranglikni kamaytirishi

va kollektor jinsining namlanish xususiyatini o‘zgartirishi mumkin. Bunday mexanizmlar EOR jarayonida qoldiq neftning harakatchanligini oshirishga xizmat qiladi. Tadqiqotda soxta kashtan va chilonjida ekstraktlarini alohida hamda 75:25, 50:50 va 25:75 nisbatlarda tekshirish maqsadga muvofiq. Ayniqsa, 50:50 kompozitsiyaning IFT, kontakt burchagi, CMC, adsorbsiya va neftni siqib chiqarish samaradorligi bo‘yicha boshqa variantlardan farqini aniqlash ilmiy jihatdan qiziqarli natijalar berishi mumkin. Biroq maqolada keltirilgan sonli natijalar namunaviy model hisoblanadi. Haqiqiy ilmiy xulosa chiqarish uchun laboratoriya sharoitida tensiometriya, pendant-drop IFT, kontakt burchagi, CMC, adsorbsiya va core-flood tajribalarini o‘tkazish zarur. Kelgusidagi tadqiqotlarning eng muhim bosqichi — optimal ekstrakt nisbatini aniqlash, qatlam suvi sho‘rlanishining ta’sirini baholash, yuqori harorat va bosim sharoitida ekstraktning barqarorligini tekshirish hamda core-flood tajribalarida qo‘shimcha neft olish koeffitsiyentini aniqlashdan iborat.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Nowrouzi I., Mohammadi A.H., Manshad A.K. Experimental investigation of surface activity, micellization behaviour, and enhanced oil recovery performance of saponin-based green surfactants. The Canadian Journal of Chemical Engineering. 2025.
2. Ahmadi M.A. et al. An experimental investigation on the use of saponin as a non-ionic surfactant for chemical enhanced oil recovery in sandstone and carbonate oil reservoirs: IFT, wettability alteration, and oil recovery. Chemical Engineering Research and Design. 2020. Vol. 160. P. 417–425.
3. Experimental investigation of the effect of Vitagnus plant extract on enhanced oil recovery process using interfacial tension reduction and wettability alteration mechanisms. Journal of Petroleum Exploration and Production Technology. 2020. Vol. 10. P. 2895–2905.
4. Water-oil interfacial tension reduction and wettability alteration in surfactant flooding process using extracted saponin from Anabasis setifera plant. Journal of Petroleum Science and Engineering.
5. Extraction, characterization and evaluation of saponin-based natural surfactant for enhanced oil recovery. Scientific Reports. 2022.
6. Experimental investigation of the effect of a quinoa-derived saponin-based green natural surfactant on enhanced oil recovery. Fuel. 2022. Vol. 318. 123652.
7. Adsorption of Saponin Natural Surfactant on Carbonate Rock and Comparison to Synthetic Surfactants: An Enhanced Oil Recovery Prospective. Energy & Fuels. 2021.
8. Exploring the efficiency of Prosopis farcta saponin as a biogenic surfactant for enhanced oil recovery from oil reservoirs: An experimental study. Chemical Engineering Research and Design. 2025. Vol. 218. P. 438–453.
9. Efficiency of the Green Surfactant Derived from Avena sativa Plant in the Presence of Different Salts for EOR Purposes. Journal of GeoEnergy. 2023.
10. Surface activity and foaming properties of saponin-rich plants extracts. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2020.