



YANGI O‘ZBEKISTON KONI KERN NAMUNALARINI RETORT–FISHER USULIDA TADQIQ QILISH VA BITUMSIMON NEFTLARNING FIZIK- KIMYOVIY XUSUSIYATLARINI BAHOLASH

*Yaxshiyeva K.O., Karimov Sh.A., Haqnazarova M.B.,
Rajabova Z.A., Nurxanov A.A.*

*O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti
esfir9293@gmail.com
+998972222390*

Annotatsiya. Ushbu maqolada Yangi O‘zbekiston konidan olingan to‘rtta kern namunasining tarkibi OVR-400 Retort qurilmasida Retort–Fisher usuli yordamida tadqiq qilindi. Tadqiqot natijasida pirogenetik eritma, slanets moyi, koks va gaz fazasi mahsulotlarining miqdoriy tarkibi aniqlandi. Slanets moyi chiqishi yuqori bo‘lgan namunalar tanlab olinib, ulardan ajratilgan bitumsimon neftlarning fizik-kimyoviy xossalari GOST standartlari asosida baholandi. Natijalar ushbu neftlarning yuqori zichlik, qovushqoqlik, oltingugurt miqdori va kokslanuvchanlik bilan tavsiflanishini ko‘rsatdi. Olingan ma'lumotlar Yangi O‘zbekiston koni bitumsimon neftlarining tarkibiy xususiyatlarini baholash hamda ularni qayta ishlash texnologiyalarini takomillashtirish uchun muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: Yangi O‘zbekiston koni, kern namunasi, Retort–Fisher usuli, OVR-400 Retort, bitumsimon neft, slanets moyi, termik parchalanish, fizik-kimyoviy xossalari, GOST.

Аннотация. В данной статье состав четырех керновых образцов, полученных с месторождения Новый Узбекистан, был исследован методом Реторта-Фишера на устройстве ОВР-400 Реторта. В результате исследования был определен количественный состав пирогенетического раствора, сланцевого масла, продуктов коксовой и газовой фаз. Были отобраны образцы с высоким выходом сланцевого масла, а физико-химические свойства выделенных из них битумоподобных нефтей оценены на основе стандартов ГОСТ. Результаты показали, что эти нефти характеризуются высокой плотностью, вязкостью, содержанием серы и коксуемостью. Полученные данные служат важной научной основой для оценки структурных свойств битуминозных нефтей месторождения Новый Узбекистан и совершенствования технологий их переработки.

Ключевые слова: месторождение Новый Узбекистан, образец керна, метод Реторта-Фишера, ОВР-400 Реторт, битумоподобная нефть, сланцевое масло, термическое разложение, физико-химические свойства, ГОСТ.

Abstract. In this article, the composition of four core samples from the New Uzbekistan deposit was investigated using the Retort-Fisher method on an OVR-400 Retort device. As a result of the research, the quantitative composition of the pyrogenetic solution, shale oil, coke, and gas phase products was determined. Samples with high shale oil yield were selected, and the physicochemical properties of the bituminous oils extracted from them were evaluated based on GOST standards. The results showed that these oils are characterized by high density, viscosity, sulfur content, and coking capacity. The obtained data serve as an important scientific basis for assessing the structural characteristics of bituminous oils from the New Uzbekistan field and improving their processing technologies.

Keywords: New Uzbekistan field, core sample, Retort-Fisher method, OVR-400 Retort, bituminous oil, shale oil, thermal decomposition, physicochemical properties, GOST.

KIRISH. Jahon miqyosida energiya resurslariga bo‘lgan talabning muttasil ortib borishi, yengil va oson qazib olinadigan neft zaxiralarining kamayishi hamda neftni chuqur qayta ishlash texnologiyalariga qo‘yilayotgan talablarning kuchayishi noan’anaviy uglevodorod manbalarini o‘rganish va ulardan samarali foydalanishni dolzarb ilmiy yo‘nalishlardan biriga aylantirmoqda [1,2]. Xususan, organik moddalarga boy slanets jinslari, bitumsimon neftlar va o‘ta og‘ir uglevodorod resurslari dunyoning ko‘plab mamlakatlarida istiqbolli xomashyo manbalari sifatida qaralmoqda. Mazkur resurslar tarkibidagi kerogen va boshqa yuqori molekulyar organik birikmalarni termik usullar yordamida suyuq hamda gazsimon uglevodorodlarga aylantirish energiya xavfsizligini ta‘minlash va mavjud uglevodorod resurslaridan foydalanish samaradorligini oshirish imkonini beradi [3].

Noan’anaviy uglevodorod manbalarining sanoat ahamiyatini baholashda ularning organik modda miqdori, termik parchalanish mahsulotlarining chiqishi, hosil bo‘ladigan slanets moyining sifati hamda fizik-kimyoviy xossalarini aniqlash muhim bosqich hisoblanadi. Ayniqsa, Retort–Fisher usuli slanets va bitumsimon jinslarning uglevodorod hosil qilish salohiyatini baholashda xalqaro amaliyotda keng qo‘llaniladigan ishonchli laboratoriya usullaridan biri hisoblanadi [4]. Ushbu usul yordamida namunalar tarkibidan hosil bo‘ladigan pirogenetik suv, slanets moyi, gaz mahsulotlari va qattiq koks qoldig‘ining miqdoriy ulushi aniqlanib, xomashyoning texnologik qiymati baholanadi.

O‘zbekiston Respublikasida ham noan’anaviy uglevodorod resurslarini o‘rganish, mahalliy xomashyolarni chuqur qayta ishlash hamda import o‘rnini bosuvchi neft mahsulotlarini ishlab chiqarish bo‘yicha ilmiy-amaliy tadqiqotlar izchil rivojlanmoqda [5]. Shu nuqtai nazardan, Yangi O‘zbekiston koni istiqbolli uglevodorod obyektlaridan biri bo‘lib, uning tarkibida uchraydigan bitumsimon neft va organik moddalarga boy jinslarni kompleks tadqiq etish katta ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

Kon jinslarining tarkibiy xususiyatlari, organik modda miqdori hamda termik qayta ishlash jarayonidagi mahsuldorligini aniqlash kelgusida samarali qayta ishlash

texnologiyalarini ishlab chiqish uchun zarur ilmiy asos yaratadi. Bitumsimon neftlarning asosiy muammolaridan biri ularning yuqori zichligi, yuqori qovushqoqligi, oltingugurt, smola-asfalten moddalarining ko‘pligi hamda yuqori kokslanuvchanligi bilan bog‘liqdir [6]. Ushbu xususiyatlar neftni qazib olish, quvurlar orqali tashish, saqlash va qayta ishlash jarayonlarini murakkablashtiradi. Shu sababli bunday xomashyoning fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlarini amaldagi standart usullar asosida aniqlash va ularning texnologik xususiyatlarini baholash muhim ilmiy-amaliy vazifalardan biri hisoblanadi [7, 8].

Mazkur tadqiqotda Yangi O‘zbekiston konidan olingan to‘rtta kern namunasi OVR-400 Retort qurilmasida Retort–Fisher usuli yordamida termik tahlil qilindi. Olingan natijalar asosida pirogenetik eritma, slanets moyi, gaz fazasi va koks hosildorligi aniqlandi hamda slanets moyi chiqishi yuqori bo‘lgan namunalar tanlab olindi. Tanlangan bitumsimon neft namunalari Farg‘ona neftni qayta ishlash zavodining yonilg‘i laboratoriyasida GOST standartlari asosida sinovdan o‘tkazilib, ularning 20 °C dagi zichligi, 80 °C dagi shartli qovushqoqligi, oltingugurtning massa ulushi, kokslanuvchanligi, qotish harorati, xlor tuzlari miqdori, kislotalilik va suv miqdori kabi asosiy fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari aniqlandi. Tadqiqot natijalari Yangi O‘zbekiston koni bitumsimon neftlarining tarkibiy xususiyatlarini baholash, ularning termik qayta ishlash jarayonidagi mahsuldorligini aniqlash hamda kelgusida mazkur xomashyo asosida samarali qayta ishlash va modifikatsiyalash texnologiyalarini ishlab chiqish uchun muhim ilmiy asos yaratadi. Olingan ma'lumotlar og‘ir va bitumsimon neftlarni qayta ishlashning optimal texnologik yechimlarini ishlab chiqish, uglevodorod resurslaridan oqilona foydalanish hamda mamlakatning neft-kimyo sanoatini rivojlantirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

EKSPERIMENTAL QISMI. Yangi O‘zbekiston konidan olingan 4 ta kern namunalarning tarkibini aniqlash uchun birinchi navbatda OVR-400 Retortda sinov-tajribalar olib borilgan va Fisher usuli yordamida pirogenetik eritma, slanesli moy, koks va gaz fazalari olingan [9].

Yangi O‘zbekiston konidan olingan kern namunalarni birin-ketin Retort-Fisher usuli yordamida tajriba o‘tkazildi [10]. OVR-400 Retort tajriba qurilmasining umumiy ko‘rinishi va kern namunalari bilan to‘ldirilgan tasvirlari 1-rasmda keltirilgan. Retort-Fisher tajriba qurilmasining sxematik ko‘rinishi esa 2-rasmda keltirilgan.

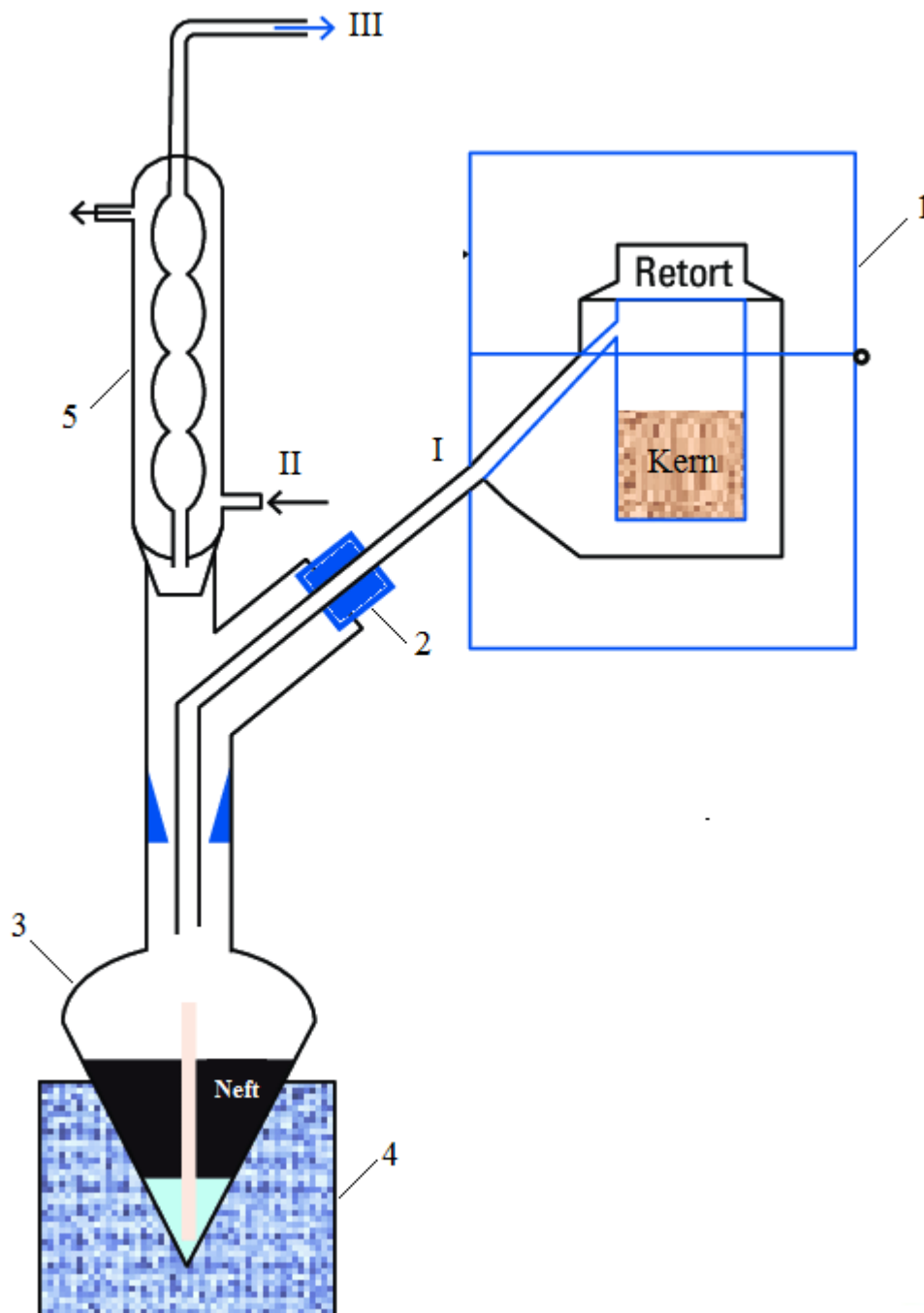


a)

b)

**1-rasm. OVR-400 Retort: a) Qurilmaning umumiy ko‘rinishi; b)
Kern namunalari bilan to‘ldirilgan ko‘rinishi**

OVR-400 Retort tajriba qurilmasi- tog‘ jinslarining neft va suvga to‘yinganligini yuqori haroratda aniqlash uchun mo‘ljallangan. Maydalangan kern materialining yangi namunasidagi neft va suv bug‘latiladi, so‘ngra kondensatsiyalanadi va darajalangan qabul qiluvchi probirkada yig‘iladi. Namunalar suvni yo‘qotish uchun asta-sekin 175°C gacha, so‘ngra neftni yo‘qotish uchun 650°C gacha qizdiriladi. Qurilma maydalangan kernning 5 ta kamerasidan iborat 2 ta seksiyani o‘z ichiga olgan retorta korpusini o‘z ichiga oladi. Har bir kamera rezbali germetik qopqoqqa ega va zanglamaydigan po‘latdan yasalgan uzun nay-kondensator bilan ulangan. Kondensator bug‘larni kondensatsiyalash uchun suv hammomidan o‘tadi. Namunadan chiqqan suv va neftni yig‘ish uchun darajalangan qabul qilish probirkalari kondensatorga rezina tiqin yordamida mahkamlanadi [11-13].



1-kern namunasini qizdirish uchun pech; 2-retortdan fisherga o‘tish patrubkasini saqlovchi rezina; 3-sentrifuga ko‘rinishli (150 ml) hajmli kolba; 4-sovutuvchi hammom; 5-kondensator. I-retortda qizdirilgan kern namunasi tarkibidan chiqqan gazlarni fisherga yuborish patrubkasi; II-suv sirkulyatsiyasi uchun kirish patrubkasi; III-gaz fazasi.

2-rasm. Retort-Fisher tajriba qurilmasining sxematik ko‘rinishi

NATIJALAR VA MUHOKAMA. Yangi O‘zbekiston konidan olingan kern namunalarining Retort–Fisher usuli bo‘yicha termik parchalanish natijalari keltirilgan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, namunalar tarkibida hosil bo‘lgan pirogenetik eritma miqdori 0,30–0,50 % oralig‘ida o‘zgaradi. Eng yuqori ko‘rsatkich 2-namunada kuzatilib, 0,50 % ni tashkil etgan bo‘lsa, qolgan namunalarda ushbu ko‘rsatkich 0,30–0,40 % atrofida qayd etilgan (1-jadval).

1-jadval

Yangi O‘zbekiston konidan olingan Kern namunalarini Retort-Fisher usulida olingan natijalar

Kern namunasi	Pirogenetik eritma, %	Slanets moyi, %	Koks, %	Gaz fazasi, %
1	0,30	9,85	88,18	1,66
2	0,50	3,98	93,08	2,43
3	0,30	9,90	88,41	1,39
4	0,40	9,95	88,64	1,01

Slanets moyi chiqishi 3,98–9,95 % diapazonda aniqlangan. Eng yuqori moy chiqishi 4-namunada (9,95 %), unga yaqin natijalar 3-namunada (9,90 %) va 1-namunada (9,85 %) kuzatilgan. Biroq 2-namunada slanets moyi miqdori atigi 3,98 % bo‘lib, bu boshqa namunalarga nisbatan ancha past ekanligini ko‘rsatadi.

Koks qoldig‘i barcha namunalarda asosiy mahsulot sifatida shakllanib, uning miqdori 88,18–93,08 % oralig‘ida bo‘lgan. Eng yuqori koks hosildorligi 2-namunada (93,08 %) aniqlangan bo‘lsa, eng past qiymat 1-namunada (88,18 %) qayd etilgan. Bu holat 2-namunada organik moddaning ko‘proq qismi qattiq qoldiq shaklida saqlanib qolganligini anglatadi.

Gaz fazasi mahsulotlari ulushi esa 1,01–2,43 % oralig‘ida o‘zgarib, eng katta ko‘rsatkich 2-namunada (2,43 %), eng kichik ko‘rsatkich esa 4-namunada (1,01 %) kuzatilgan. Umuman olganda, tadqiqot natijalari Yangi O‘zbekiston koni kern namunalarida koks hosildorligi yuqori ekanligini, slanets moyi chiqishi esa namuna tarkibining geologik va organik xususiyatlariga bog‘liq ravishda sezilarli farqlanishini ko‘rsatadi. Bu esa kon jinslarining tarkibiy notekisligi mavjudligini va ularning termik qayta ishlash jarayonida turlicha mahsuldorlik namoyon etishini tasdiqlaydi.

Kernning 3 va 4 namunalaridan olingan slanets moyining ya‘ni bitumsimon neft desak chiqish ko‘rsatkichi yuqori bo‘lganligi sababli 3-namunani (ZN-1) va 4-namunani (ZN-2) tanlandi hamda ularning fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari aniqlandi.

Farg‘ona neftni qayta ishlash zavodidagi №10 yonilg‘i laboratoriya sexiga asosiy ko‘rsatkichlarni aniqlash uchun 2 ta bitumsimon neft namunalari yuborilgan. Yonilg‘i laboratoriyada normativ huquqiy hujjatlarning talablari bo‘yicha sinov-tajribalari o‘tkazildi va quyidagi fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlar aniqlandi: 20 °C dagi zichligi, 80 °C dagi shartli qovushqoqlik, oltingugurtning massa ulushi, kokslanuvchanlik, qotish harorati, xlor tuzlarining miqdori, kislotalik xususiyati, suvsizlantirishdan oldin va keyingi holatdagi suv miqdori.

Ushbu yonilg‘i laboratoriyada GOST 2477 talabi bo‘yicha 1-namunada suvning miqdori 23%ni, 2-namunada esa 22% ni tashkil etishi aniqlangan (2-jadval).

Ushbu laboratoriyada bitumsimon neft namunalarni suvsizlantirgandan so‘ng ularning ko‘rsatkichlari: 1-namunada suv izlari ko‘rinmagan ammo 2-namunada esa 0,12% ni tashkil qilgan.

Namunalarning fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari bo‘yicha sifati 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

Bitumsimon neft namunalarning fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari

№ t/r	Ko‘rsatkichlar nomi	Haqiqiy natijalar		Normativ xujjat
		1-*ZN	2-ZN	
1.	20 °C dagi zichligi, kg/m ³	960	953	GOST 3900
2.	80 °C dagi shartli qovushqoqlik, s	395,8	509	GOST 11503
3.	Oltingugurtning massa ulushi, %	7,9	8,3	GOST 1437
4.	Kokslanuvchanlik, %	20,54	21,31	GOST 19932
5.	Qotish harorati, °C	+47	+47	GOST 20287
6.	Xlor tuzlarining miqdori, mg/l	289,5	135,55	GOST 21534
7.	Kislotalik xususiyati, mg KOH/100 sm ³	19,34	14,18	GOST 5985
8.	Suvsizlantirishdan oldin va keyingi holatdagi suv miqdori, %	23/7/yo‘q	22/6,0/0,12	GOST 2477

Izoh: *ZN- Ziyovuddin neft.

2-jadvalda keltirilgan natijalar asosida 1-ZN va 2-ZN bitumsimon neft namunalari fizik-kimyoviy xossalari o‘rganildi. Tadqiqot natijalari ushbu neftlarning yuqori zichlik, yuqori qovushqoqlik va oltingugurt miqdori bilan tavsiflanadigan og‘ir neftlar turiga mansubligini ko‘rsatdi.

20 °C dagi zichlik ko‘rsatkichlari 1-ZN namunada 960 kg/m³, 2-ZN namunada esa 953 kg/m³ ni tashkil etdi. GOST 3900 talablari asosida aniqlangan ushbu natijalar neft tarkibida yuqori molekulyar massali smola-asfalten komponentlarining sezilarli miqdorda mavjudligini ko‘rsatadi. Ma'lumki, neft zichligining ortishi uning tarkibidagi og‘ir fraksiyalar ulushining oshishi bilan bog‘liq bo‘lib, bu esa qayta ishlash jarayonlarining murakkablashishiga olib keladi

Namunalarning 80 °C dagi shartli qovushqoqligi mos ravishda 395,8 s va 509 s ni tashkil etdi. GOST 11503 bo‘yicha aniqlangan mazkur ko‘rsatkichlar neftlarning yuqori qovushqoqlikka egaligini tasdiqlaydi. Ayniqsa, 2-ZN namunasining qovushqoqligi yuqoriroq bo‘lib, bu uning tarkibida smola va asfalten moddalarining ko‘proq ekanligini ko‘rsatadi. Yuqori qovushqoqlik neftni quvurlar orqali transport qilishda qo‘shimcha energiya sarfini talab qiladi hamda texnologik jarayonlarning samaradorligiga salbiy ta'sir ko‘rsatadi.

Oltingugurtning massa ulushi 1-ZN namunada 7,9 %, 2-ZN namunada esa 8,3 % ni tashkil etdi. GOST 1437 bo‘yicha aniqlangan ushbu natijalar tadqiq etilgan neftlarning yuqori oltingugurtli neftlar toifasiga mansubligini ko‘rsatadi. Bunday neftlarni qayta ishlash jarayonida korroziya xavfi ortadi, atmosfera ifloslanishiga sabab bo‘luvchi oltingugurt oksidlari hosil bo‘ladi va qo‘shimcha gidrotozalash jarayonlarini qo‘llash zarurati yuzaga keladi.

Namunalarning kokslanuvchanligi mos ravishda 20,54 % va 21,31 % ni tashkil etdi. GOST 19932 talablariga muvofiq aniqlangan ushbu ko‘rsatkichlar neft tarkibida yuqori molekulyar smola-asfalten moddalarining mavjudligini tasdiqlaydi. Kokslanuvchanlikning yuqori qiymati termik destruksiya va kokslash jarayonlarida qattiq qoldiqlar hosil bo‘lish ehtimolini oshiradi.

Har ikkala namunaning qotish harorati $+47\text{ }^{\circ}\text{C}$ ga teng bo‘ldi. GOST 20287 bo‘yicha aniqlangan ushbu natija neft tarkibida parafin uglevodorodlari ulushining yuqoriligini ko‘rsatadi. Qotish haroratining yuqoriligi neftni tashish va saqlash jarayonlarida isitish tizimlaridan foydalanishni talab etadi.

Xlor tuzlari miqdori 1-ZN namunada 289,5 mg/l, 2-ZN namunada esa 135,55 mg/l ni tashkil etdi. GOST 21534 bo‘yicha aniqlangan ushbu ko‘rsatkichlar neft tarkibida mineral tuzlarning mavjudligini ko‘rsatadi. Xlorid tuzlari, ayniqsa kaltsiy va magniy xloridlari, yuqori haroratlarda gidrolizlanib, agressiv xlorid kislota hosil qilishi mumkin. Bu esa neftni qayta ishlash qurilmalarida korroziya jarayonlarini jadallashtiradi.

Kislotalik ko‘rsatkichlari 1-ZN namunada 19,34 mg KOH/100 sm³, 2-ZN namunada esa 14,18 mg KOH/100 sm³ ni tashkil etdi. GOST 5985 bo‘yicha aniqlangan natijalar neft tarkibida organik kislotalarning mavjudligini ko‘rsatadi. Ayniqsa, 1-ZN namunada kislotalik darajasining yuqoriroq bo‘lishi uning korrozion faolligi kuchliroq ekanligini bildiradi.

XULOSA. Yangi O‘zbekiston konidan olingan to‘rtta kern namunasi OVR-400 Retort qurilmasida Retort–Fisher usuli bo‘yicha termik tahlil qilindi va pirogenetik eritma, slanets moyi, koks hamda gaz fazasi mahsulotlarining miqdoriy tarkibi aniqlandi. Tadqiqot natijalari barcha namunalarda asosiy mahsulot sifatida koks hosil bo‘lishini (88,18–93,08 %) ko‘rsatdi, slanets moyi chiqishi esa 3,98–9,95 % oralig‘ida o‘zgarishi qayd etildi. Eng yuqori slanets moyi chiqishi 3- va 4-kern namunalarda kuzatilganligi sababli ushbu namunalar keyingi tadqiqotlar uchun tanlab olindi.

Tanlab olingan ZN-1 va ZN-2 bitumsimon neft namunalarining fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari GOST standartlari asosida o‘rganildi. Olingan natijalar ularning yuqori zichlik (953–960 kg/m³), yuqori shartli qovushqoqlik (395,8–509 s), yuqori oltingugurt miqdori (7,9–8,3 %) va yuqori kokslanuvchanlik (20,54–21,31 %) bilan tavsiflanishini ko‘rsatdi. Shuningdek, qotish haroratining $+47\text{ }^{\circ}\text{C}$ bo‘lishi, xlor tuzlari va organik kislotalar miqdorining nisbatan yuqoriligi ushbu bitumsimon neftlarni qazib olish, tashish va qayta ishlash jarayonlarida maxsus texnologik yondashuvlarni qo‘llash zarurligini ko‘rsatadi.

ADABIYOTLAR:

1. Speight J.G. The Chemistry and Technology of Petroleum. 5th ed. Boca Raton: CRC Press, 2014. – 1024 p. (Heavy oil and bitumen characteristics: pp. 371–430).
2. Speight J.G. Heavy Oil Recovery and Upgrading. Oxford: Gulf Professional Publishing (Elsevier), 2019. – 536 p. (pp. 25–94; 213–287).
3. Dyni J.R. Geology and Resources of Some World Oil-Shale Deposits. U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2005–5294, Reston, Virginia, 2006. – 323 p. (pp. 1–48; 105–148).
4. ASTM D3904–80 (Reapproved 2021). Standard Test Method for Yield of Oil from Oil Shale by the Fischer Assay Procedure. ASTM International, West Conshohocken, PA, USA. – pp. 1–8.
5. Gary J.H., Handwerk G.E., Kaiser M.J. Petroleum Refining: Technology and Economics. 5th ed. Boca Raton: CRC Press, 2007. – 489 p. (pp. 37–58; 121–154).

6. Mochalov S.P., Gorbunova L.V., Kolesnikov A.A. Thermal Processing of Oil Shales and Bituminous Rocks // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. – 2018. – Vol. 54, No. 3. – pp. 275–284.

7. GOST 3900–2022. Neft va neft mahsulotlari. Zichlikni aniqlash usullari. Moskva: Standartinform, 2022. – 18 b.

8. GOST 11503–2020; GOST 1437–2021; GOST 19932–2016; GOST 20287–2018; GOST 21534–2021; GOST 2477–2014. Neft va neft mahsulotlarini sinash usullari. Moskva: Standartinform. – 10–32 b.

9. American Petroleum Institute (API). Recommended Practices for Core Analysis. Washington, DC: API Publishing, 2019.

10. Speight, J.G. Shale Oil Production Processes. Oxford: Elsevier, 2020. – 356 p.

11. Dyni, J.R. Geology and Resources of Some World Oil-Shale Deposits. U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report 2005–5294, Washington, 2006. – 118 p.

12. Qian, J., Wang, J., Li, S. Oil Shale Development in China. Beijing: Petroleum Industry Press, 2013. – 412 p.

13. Tissot, B.P., Welte, D.H. Petroleum Formation and Occurrence. 2nd Edition. Berlin: Springer-Verlag, 1984. – 699 p.