

# ГОРНОЕ ДЕЛО

---

---

МРНТИ 52.47.23

*А.С. Ермакова<sup>1</sup>, Е. Тилеуберди<sup>2,3</sup>, Е.К. Онгарбаев<sup>2,3</sup>, Б.К. Масалимова<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Таразский региональный университет им. М.Х. Дулати, г. Тараз, Казахстан

<sup>2</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби,  
г. Алматы, Казахстан

<sup>3</sup>Институт проблем горения, г. Алматы, Казахстан

## ОСОБЕННОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК И СОСТАВА НЕФТЕБИТУМИНОЗНЫХ ПОРОД КАЗАХСТАНА

---

---

**Аннотация.** В статье рассмотрены особенности характеристик, состава и местоположения нефтебитуминозных пород (НБП) Казахстана. Нефтебитуминозные породы состоят из минеральной части, находящейся в породах и природного битума в виде пленок, обволакивающих частиц минерального материала. В нефтебитуминозных породах прослеживается весьма неравномерная насыщенность и широкий диапазон концентрации битумов по площади простираения пластов и горизонтов от 1-2 до 80-90%. Характерной особенностью месторождения битуминозных пород является их удаленность от транспортных путей и источников энерго- и водоснабжения. Существует несколько способов отделения природных битумов от минеральной части породы. Нефтебитуминозные породы как относительно дешевый материал могут служить сырьем в нефтеперерабатывающей, нефтехимической и химической промышленности, гражданском и дорожном строительстве и в других отраслях экономики. **Ключевые слова:** нефтебитуминозные породы, природные битумы, месторождение, извлечение, ИК-спектры.

• • •

**Түйіндеме.** Мақалада Қазақстанның мұнай-битумды жыныстарының сипаттамалары мен құрамының ерекшеліктері, таралуы мен орналасуы қарастырылды. Мұнай-битумды жыныстар тау жыныстарында орналасқан минералды бөліктен және минералды материалдың бөліктерін сыртынан жабатын табиғи битумнан тұрады. Мұнай-битумды жыныстарда 1-2-ден 80-90%-ға дейінгі қабаттар мен горизонттардың созылу аймағында біркелкі емес битум концентрациясының кең ауқымы байқалады. Битумды жыныстардан тұратын кен орындарының ерекшелігі сол, олар көлік жолдары мен энергия, сумен жабдықтау көздерінен алыс орналасқан. Табиғи битумдарды жыныстың минералды бөлігінен бөлудің бірнеше жолы бар. Мұнай-битумды жыныстар салыстырмалы түрде арзан материал ретінде

мұнай өңдеу, мұнай-химия және химия өнеркәсібінде, азаматтық және жол құрылысында және экономиканың басқа салаларында шикізат ретінде қызмет ете алады.

**Түйінді сөздер:** мұнай-битумды жыныстар, табиғи битумдар, кен орны, бөліп алу, ИҚ-спектрлер.

• • •

**Abstract.** The article considered the features of the characteristics and composition, location of oil sands (oil bituminous rocks) of Kazakhstan. Oil sands consist of a mineral part located in the rocks and natural bitumen in the form of films enveloping particles of mineral material. In oil bituminous rocks, there is a very uneven saturation and a wide range of bitumen concentrations over the area of the strata and horizons from 1-2 to 80-90%. A characteristic feature of bituminous rock deposits is their remoteness from transport routes and sources of energy and water supply. There are several ways to separate natural bitumen from the mineral part of the rock. Oil bituminous rocks as a relatively cheap material can serve as raw materials in the oil refining, petrochemical and chemical industries, civil and road construction, and in other sectors of the economy.

**Keywords:** oil sands, natural bitumen, field, extraction, IR-spectra.

**Введение.** Рост потребления нефтепродуктов в промышленно развитых странах мира обусловил стремительное повышение и нестабильность цен на них, а относительно ограниченные запасы нефти заставляют ученых искать новые рентабельные источники углеводородного сырья, еще не вовлеченные в сферу добычи и потребления. К таковым в первую очередь относятся нефтебитуминозные породы, содержащие высоковязкие нефти, мальты, асфальты, асфальтиты и другие члены семейства сильно окисленных и гипергенно измененных нефтей или природных битумов [1-5]. Нефтебитуминозные породы состоят из минеральной части, находящейся в породах и природного битума в виде пленок, обволакивающих частицы минерального материала. Кроме того, в состав НБП входят вода и воздух. Основными компонентами нефтебитуминозных пород являются кварц и полевые шпаты, составляющие до 80-90 мас. % породы. Вмещающие породы представлены песками и песчаниками, перемежаемыми тонкими прослоями глин и алевролитов [3-7]. Для нефтебитуминозных пород характерны достаточно высокая

вязкость и липкость. Характерной особенностью месторождений битуминозных пород является их удаленность от транспортных путей и источников энерго- и водоснабжения [7-9].

Для освоения таких месторождений необходимо строительство железных и автомобильных дорог, линий электропередачи и водоводов длиной в десятки и сотни километров. Такие большие капитальные вложения могут окупиться только при освоении крупных по запасам месторождений. Для мелких месторождений целесообразна технология открытых работ с использованием автономного добычного и транспортного оборудования, не требующего строительства линий энергоснабжения и железных дорог. Основные залежи НБП сосредоточены в сводовых частях локальных поднятий Мангышлака и Прикаспийской впадины. Стратиграфический диапазон распространения месторождений и проявлений твердых и вязких пород весьма широк – от девонских до современных отложений включительно. Эти месторождения могут иметь большое распространение как по площади, так и в глубину [1-3].

Недостаточная разведанность месторождений битуминозных пород даже на глубинах 20-50 м, отсутствие большого спроса и заказчиков обусловили низкий уровень техники и технологии разработки, транспортирования и применения этих пород Казахстана [7,8],[10,11].

**Нефтебитуминозные породы на территории Казахстана.** В Казахстане на территории Актюбинской, Атырауской и Мангистауской областей выявлено и зарегистрировано свыше 100 месторождений и проявлений нефтебитуминозных пород. По предварительным данным на глубинах до 120 м залегают 15-20 млрд. т битуминозных пород. Они имеют мелкопесчанистую и супесчано-суглинистую минеральную часть. Обнаружены в западных регионах республики и являются перспективными для приращивания запасов углеводородного сырья (рисунок 1). Проведенной геологической разведкой в Западном Казахстане установлено, что мощность вскрыши большинства месторождений не превышает 12 м, а глубина залегания 60 м, полезная порода этих месторождений характеризуется высоким содержанием органической части и значительными запасами, песчаным типом коллектора, что предопределяет разработку этих месторождений карьерным способом – экскаваторами, а транспортировку – автомобильным и железнодорожным транспортом. По условиям залегания известны четыре основных типа залежей природных битумов (ПБ): пластовый, линзовидный, жильный и поверхностный [3,12-15].



Условные обозначения:

- действующие карьеры, (Мунайлы Мола (Карамурат) – 4,2 млн.т., Алтайский (Мырзаадыр) – 522 тыс.т., Беке – 4,5 млн.т.);

- детально разведанные месторождения, (Алашаказган – 799 тыс.т., Акший – 600 тыс.т., Иманкара – 1,0 млн.т.);

- месторождения в разведке, (31.Кумбоур 250 тыс.т., 35. Итассай, 42. Мунайлысай, 50 тыс.т, 43. Талдысай, 45. Копа, 49. Сарлык, 51. Тогызкөнүшак, 59. Узынколь, 60. Шоба, 61. Донгелексор, 63. Бектабан, 72. Жалгыз, 73. Карасай, 100 тыс.т, 74. Жаманкобланды, 75. Кияктысай, 79. Котыртас, 80. Жыланкабак, 107. Тентексор);

- проявления, (17. Шиликты, 21. Жаманаш, 24. Кейкебас, 27. Кокбулак, 31. Караганда, 33. Соркудук, 38. Мортук, 46. Левите, 52. Акжар, 55. Орысказган, 57. Кокпекты, 62. Курсай, 64. Косколь, 76. Акшоқы, 78. Каражар, 91. Алимбай, 94. Шийлисай, 99. Койкара, 100. Кызылколь, 101. Жубантам, 102. Канжига, 115. Жусалысай, 125. Кольжан, 126. Бокачи, 127. Аралтобе).

**Типы месторождений нефтебитуминозных пород.** В Казахстане имеются два типа месторождений нефтебитуминозных пород. Первый тип - залегающие непосредственно на поверхности или на небольшой глубине до 50 м. Это могут быть крупные месторождения с запасами от десятков, до сотен млн. т по породе. Эти месторождения могут иметь большое распространение как по площади, так и в глубину. Мощность покрывающих пород составляет обычно от несколько десятков, до сотен метров. Содержание битума в породе составляет до 20%. Природные битумы в них недостаточно окислены и по характеру близки к высоковязким нефтям [2,10-13]. Такие месторождения по запасам могут быть как сравнительно небольшими (Мунайлы Мола, Иман-Кара, Беке-Таспас и др.), так и очень крупными (залежь № 1 месторождения Мортук). Месторождения битуминозных пород первого типа могут эффективно разрабатываться открытым способом. Второй тип – месторождения, залегающие на большой глубине (более 100 м). Обычно это пластообразные или линзообразные, пологие или горизонтальные залежи. Битумы в них по характеру ближе к промышленным нефтяным битумам. По запасам нефтебитуминозных пород эти месторождения также различны. Месторождения второго типа разведаны менее детально, чем первого, разработка их открытым способом нецелесообразно из-за больших объемов вскрышных работ [10,11]. Содержание битума в НБП месторождения Мунайлы Мола колеблется от 5,7 до 94,6 %, составляя в среднем по месторождению – 26,1%. На основании данных, полученных в процессе детальной разведки, балансовые запасы нефтебитуминозных

пород месторождения по категориям  $C_1$  составляют 5506 тыс. т, по категории  $C_2$  – 66 тыс. т (в сумме 5 572 тыс. т) [1].

Содержание битума в НБП месторождения Иман-Кара колеблется от 4,9 до 92,1%, составляя в среднем по месторождению – 23,6%. На основании данных, полученных в процессе детальной разведки, балансовые запасы нефтебитуминозных пород месторождения классифицированы по категории  $C_1$  и составляют 1 689 тыс. т, забалансовые по категории  $C_1$  и  $C_2$  в количестве 790545 т и 421 475 т соответственно. Среднегодовая добыча составляет 112,6 тыс. т в год. В общей сложности запасы двух месторождений составляют 7-7,5 млн.т. Оба месторождения находятся в 56 км от районного центра г. Кульсары и в 52 км на юго-восток от железнодорожной станций Жантерек и 20 км на восток от г. Атырау. Доступ к месторождениям возможен по сети автомобильных дорог, пригодных для движения в любое время года [1-3].

**Состав нефтебитуминозных пород.** В нефтебитуминозных породах содержание природного битума изменяется в широком диапазоне, даже в пределах одного месторождения (от 5 до 80 мас. %). На основании этих данных прослеживается весьма неравномерная насыщенность и широкий диапазон концентрации битумов по площади простираения пластов и горизонтов от 1-2 до 80-90%. Для подавляющего большинства месторождений характерна тенденция увеличения содержания битума с глубиной. Свойства битумов в породах не всегда однородны даже в пределах одного месторождения, однако в целом их следует рассматривать как вязко-жидкие. Битуминозные породы занимают промежуточное положение между вязкими и жидкими нефтяными битумами промышленного производства [3,4], [7,8]. Битумами называются различного рода смолы, а битуминозными–смоло-содержащие вещества. К ним принадлежат как природные битуминозные вещества – асфальты, так и искусственные – пеки и смолы. Из них асфальты применялись в строительной технике в качестве вяжущих материалов еще в древности, за несколько тысяч лет до начала нашей эры; пеки и смолы служили чаще в качестве материалов для обмазки, для различного рода изоляционных слоев, выделки лаков и т.п., а также для классификации природных асфальтов, и лишь в последнее время приобрели самостоятельное значение, как вяжущие вещества при постройке и содержании шоссеиных дорог. Большинство из них при нагревании (а некоторые и при обыкновенной температуре) издают характерный запах, вследствие присутствия летучих

при данной температуре составных частей. Цвет их чаще всего темный – черный или темно-коричневый. По составу битумы представляют смеси различных углеводородов, содержат также в небольших количествах кислород, азот, иногда серу; в большинстве присутствуют минеральные примеси [16,17]. Битумы, полученные из нефтебитуминозных пород, имеют высокую адгезионную способность. Они дают хорошее сцепление с мрамором, известняками и удовлетворительное с гранитом. Плотность битумов в НБП в среднем – 0,983 г/см<sup>3</sup>.

Битумы месторождения Беке-Таспас относятся к классам асфальтов и мальт. В составе масел всех исследованных битумов преобладают метаново-нафтеновые углеводороды. Для класса мальт они составляют 50,6-77,5; 42,1-59,6 и 44,4-75,1%, соответственно в месторождениях Мортук, Акжар и Беке-Таспас. Для класса асфальтов месторождения Мортук они имеют значение 66,4-82,8% и в месторождении Карасязь-Таспас – 79,3% [3-13]. Данные ИК-спектроскопии показали сходство химической структуры изученных битумов месторождений Мортук, Акжар и Беке-Таспас, выражающееся в преобладании насыщенных структур в виде  $\text{CH}$ ,  $\text{CH}_2$  и  $\text{CH}_3$  (полосы в области 3000-2800 см<sup>-1</sup>, 1465, 1378 см<sup>-1</sup>) и групп  $\text{CH}_2$ , входящих в состав длинных парафиновых цепей (полоса 720 см<sup>-1</sup> довольно слабо выраженная). Для всех характерна объединенность ароматическими структурами разных типов замещения (область 900-750 см<sup>-1</sup>) и значительное содержание кислородных соединений с группами  $\text{C}=\text{O}$ ,  $\text{COOH}$  и  $\text{OH}$  в виде алифатических кислот (полосы 1700, 950 см<sup>-1</sup>, размытое поглощение 3400-3200 см<sup>-1</sup>) и в подчиненных количествах в других формах: типа сложных алифатических эфиров (1750, 1170 см<sup>-1</sup>), кетонов, альдегидов (1725-1680, 1290 см<sup>-1</sup>) и, возможно, ароматических эфиров (1720 см<sup>-1</sup>). Судя по ИК-спектрам поглощения, классы асфальтов и асфальтитов закономерно отличаются большей степенью обогащенности ароматическими связями  $\text{C}=\text{C}$  (интенсивность полосы 1600 см<sup>-1</sup>) по сравнению с классом мальт, что связано с остаточным накоплением этих связей в процессе окисления. Для класса мальт величина оптической плотности  $D_{1600}$  имеет значение 0,10-0,35, а для классов асфальтов и асфальтитов – 0,40-0,68.

Для одного и того же класса битумов в пределах изученных интервалов глубин бурения обнаруживаются определенные различия в содержании кислородных групп  $\text{C}=\text{O}$ , в частности, кислотного типа: величина оптической плотности  $D_{1700}$  полосы поглощения групп  $\text{C}=\text{O}$  изменяется в пределах от ~0,15 до 0,68 для мальт и от 0,69 до 0,88

для асфальтов месторождения Мортук. Отдельные битумы (например, проба 13 из скважины 838, гл. 204,0-208,5) из этого месторождения отличаются очень низким содержанием групп С=О ( $D_{1700}=0,15$ ) и по своей химической структуре близки к нефти, что согласуется с данными элементного и группового состава. Аналогичные вариации в изменении содержания групп С=О наблюдаются и для других битумов изученных месторождений. Вероятно, эти различия обусловлены разной интенсивностью и характером окислительных процессов, а также разным и, видимо, неоднократным временем поступления углеводородных флюидов [2,3], [12,13].

Выявлено, что битумы, отобранные на небольших глубинах бурения, в разной степени гипергенно изменены, что отражается в характере их химической структуры и состава. В составе метаново-нафтенной фракции битумов изученных месторождений количественно определены n-алканы с числом углеродных атомов  $C_{12-15}-C_{30-32}$ , изопреноидные углеводороды состава  $C_{13-14}-C_{25}$ . Среди метаново-нафтенных углеводородов, выделенных из битумов месторождений Мортук, Аюкар и Беке-Таспас преобладают цикланы и изоалканы (от 58,1 до 78,1 %). Содержание нормальных и изопреноидных соединений не превышает 1-2 %. Метановые углеводороды изученных битумов имеют практически одинаковый состав. В них низкое содержание углеводородов с числом углеродных атомов до  $C_{16}$ , максимум в распределении n-алканов падает на углеводороды  $C_{16}-C_{22}$ . Отношение  $n-C_{16}-n-C_{22}/n-C_{23}-n-C_{29} > 1$ . Среди изопреноидных соединений преобладают углеводороды с числом углеродных атомов выше  $C_{20}$ . Содержание реликтовых углеводородов (пристан+фитан) не превышает 48 % на метаново-нафтенную фракцию. В то же время доля пристана и фитана неодинакова. Так, в битумах месторождений Мортук и Беке-Таспасфитан преобладает над пристаном, а в битумах месторождения Акжар пристана больше, чем фитана [2, 3], [12, 13].

Наличие в нефтебитуминозных породах и остатках угле-, нефтепереработки высокомолекулярных соединений обуславливает значительные межмолекулярные взаимодействия и образование надмолекулярных структур в них при обычных температурах. В связи с этим регулируя межмолекулярные взаимодействия соединений, сосредоточенных в тяжелых остатках нефтебитуминозных пород, можно управлять их вязущими свойствами [7,16,18]. Вязущие свойства этих пород, представляющих собой дисперсные системы, зависят от химического состава дисперсионной среды и от природы и размера эле-



мента структуры дисперсной фазы. Регулирование размеров сложных структурных единиц – радиуса ядра и толщины сольватной оболочки – под действием различных внешних факторов (механических воздействий, скорости нагрева и охлаждения, технологических добавок и др.) является эффективным и перспективным методом интенсификации производства битумов из нефтебитуминозных пород, регулируя их физико-химических свойств. В работах [19-23] теоретически доказано, что между размерами сложных структурных единиц в сырье, технологией производства нефтяных битумов, их физико-химическими, механическими и эксплуатационными свойствами имеется взаимосвязь.

**Способы извлечения природных битумов.** Существует несколько способов отделения природных битумов от минеральной части породы. Первый, наиболее распространенный способ – горячая отпарка щелочной водой, нагретой до 85-90°C, во вращающихся барабанах с последующей экстракцией бензином. Извлечение битума из породы в этом случае достигает 90% от его содержания в породе, но оно зависит от свойств последнего и при содержании органики в породе ниже 11% резко снижается. Существенный недостаток такого способа – большой расход воды и большое количество шлама, загрязненного органикой и щелочью. Шлам этот сбрасывается в специальные пруды-отстойники, существенно загрязняющие окружающую среду [1-3], [24].

Второй способ – прямая экстракция битума из измельченной породы органическими растворителями (бензол, толуол, гексан, бензин, керосин, хлоруглеводороды). Такой способ дает возможность извлечь всего от 60 до 95% органики из породы, сопряжен с большими потерями дорогого растворителя (со шламом), большими энергозатратами на регенерацию огромного количества растворителя (при кратности его подачи порядка 3-5), взрыво- и пожароопасностью. В упомянутых случаях извлечения битума из породы образуется очень стойкая эмульсия воды с органической массой за счет влаги, образующейся при горении в пласте, либо за счет экстрагирующей воды. Стойкость такой эмульсии определяется тем, что нефтебитуминозные породы богаты эмульгаторами, плотность их близка к плотности воды, а размеры частичек воды очень малы. Разделение этих эмульсий представляет сложную задачу и обычными технологическими приемами ЭЛОУ невозможно, даже при подаче деэмульгатора в 20-30 раз большей, чем для обычных нефтей. Для того чтобы обезвредить и обессолить извлеченные этими методами природные битумы, к ним до ЭЛОУ добавляют 10-15% легкого растворителя - керосина,

который заметно снижает плотность и вязкость смеси и одновременно являясь неэлектролитным деэмульгатором, растворяет часть сольватных оболочек у глобул воды. В этом случае свойства эмульсии приближаются к свойствам обычной нефти и становится возможным отделение воды в 2-3 ступени по схеме обычной ЭЛОУ. Растворитель циркулирует в системе ЭЛОУ: она подается в поток нефти до ЭЛОУ вместе с деэмульгатором, а после ЭЛОУ отгоняется от нефти и возвратится на вход в ЭЛОУ [1-4]. Имеются также другие методы извлечения битума- ультразвуковой, в среде сверхкритического флюида, пиролиз и термический методы и т.д. [25-30].

**Заключение.** Таким образом, органическая часть нефтебитуминозных пород может служить перспективным источником получения различных видов топлив, масел, кокса, битума и гуминсодержащих веществ.

### Список литературы

1 *Надиоров Н.К., Алтаев Ш.А. и др.* Способ разработки и транспортирования нефтебитуминозных пород с высоким содержанием битума// Нефтепереработка и нефтехимия.–1980.–№ 5.–с.50-53б [Nadirov N.K., Altaev S.H.A. i dr. Sposob razrabotki i transportirovaniya neftebituminoznykh porod s vysokim sodержaniem bituma// Neftepererabotka i neftekhimiya.–1980.–№ 5.–s.50-53]

2 *Бочаров В.С., Надиоров Н.К., Бишимбаев В.К.* Битуминозные породы.– Алматы: Атамұра, 1987.– с.200, [Bocharov V.S., Nadirov N.K., Bishimbaev V.K.. Bituminoznye porody.–Almaty: Atamura, 1987.– s.200]

3 *Надиоров Н. К.* Высоковязкие нефти и природные битумы: в 5 т. – Алматы: Фылым, 2001. – Т.1. – с. 360, [Nadirov N. K. Vysokovyazkie nefiti i prirodnye bitumy: v 5 t. – Almaty: Fylym, 2001. – Т.1. – s. 360]

4 *Ye. Tileuberdi.* Nanostructure of Bitumen Produced from Heavy Oil: Ph.D. thesis, – 2014. – P. 102.

5 *Songhun Yoon, SharadDurgashanker Bhatt, Wonkyu Lee, Heung Yeoun Lee, Soon YongJeong, Jin-OokBaeg, and Chul Wee Le.* Separation and characterization of bitumen from Athabasca oil sand // Korean J. Chem. Eng. – 2009. – Vol. 26(1). – P. 64-71.

6 *Ye. Tileuberdi, Z. Mansurov, Ye. Ongarbayev, B. Tuleutaev.* Structural study and upgrading of Kazakhstan oil sands // Eurasian Chemico-Technological Journal. – 2015. – Vol. 17 (1). – P. 41-45.

7 *Banerjee, Dwijen K.* Oil sands, heavy oil and bitumen. – Tulsa, USA: RenWell, 2012. – P. 185.

8 *Онгарбаев Е.К., Иманбаев Е.И., Тилеуберди Е., Мансуров З.А., Тулеутаев Б.К., Кривцов Е.Б., Головкин А.К.* Нефтебитуминозные породы как нетрадиционный вид углеводородного сырья // Материалы VIII Международного симпозиума «Горение и плазмохимия» и международной

научно-технической конференции «Энергоэффективность-2015». – Алматы, 17-18 сентября 2015 г. – с. 72-75, [Ongarbaev E.K., Imanbaev E.I., Tileuberdi E., Mansurov Z.A., Tuleutaev B.K., Krivtsov E.B., Golovko A.K. Neftebituminoznye porody kak netraditsionnyj vid uglevodorodnogo syr'ya // Materialy VIII Mezhdunarodnogo simpoziuma «Gorenie i plazmokhimiya» i mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferentsii «Energoeffektivnost'-2015». – Алматы, 17-18 sentyabrya 2015 g. – с. 72-75.]

9 James G. Speight. Oil sand production processes. Elsevier Inc. – 2013. – 175 p.

10 Алемасов В.Е. Комплексное освоение природных битумов и высоковязких нефтей. – Казань: 1992. – с.310, [Alemasov V.E. Kompleksnoe osvoenie prirodnykh bitumov i vysokovyazkikh neftej. – Kazan': 1992. – с.310]

11 Якуцени В.П., Петрова Ю.Э., Суханов А.А. Динамика доли относительного содержания трудноизвлекаемых запасов нефти в общем балансе // Нефтегазовая технология. Теория и практика. –2007. –№2. – с. 67-70, [Yakutseni V.P., Petrova YU.EH., Sukhanov A.A. Dinamika doli otnositel'nogo sodержaniya trudnoizvlekaemykh zapasov nefiti v obshhem balanse // Neftegazovaya tekhnologiya. Teoriya i praktika. –2007. –№2. – с. 67-70]

12 Агапов Н.Ф. Кыры Эмбенского района. –Алматы: Наука, 1962. – с.260, [Agapov N.F. Kiry EHmbenskogo rajona. –Almaty: Nauka, 1962. – с.260]

13 Надиров Н.К. Нефтебитуминозные породы. –Алматы: Наука, 1982. – с.210, [Nadirov N.K. Neftebituminoznye porody. –Almaty: Nauka, 1982. – с.210,]

14 Ongarbaev Ye., Tileuberdi Ye., Tuleutaev B., Mansurov Z., Sultanov F., Behrendt F. Extraction and Thermal Processing of Beke Oil Sands // Advanced Materials Research. – 2014. – Vols. 1025-1026. – P. 60-63.

15 Султанов Ф., Тилеуберди Е., Мансуров З., Онгарбаев Е., Behrendt F. Термоконтатный способ переработки нефтебитуминозной породы месторождения Мунайлы Мола в присутствии углеводородного газа // Промышленность Казахстана. – 2013. – №4. – с. 64-67, [Sultanov F., Tileuberdi E., Mansurov Z., Ongarbaev E., Behrendt F. Termokontaktnyj sposob pererabotki neftebituminoznoj porody mestorozhdeniya Munajly Mola v prisutstvii uglevodorodnogo gaza // Promyshlennost' Kazakhstana. – 2013. – №4. – с. 64-67]

16 Mohan S. Rana, Vicente Samano, Jorge Ancheyta J.A.I. Diaz. A review of recent advances on process technologies for upgrading of heavy oils and residua // Fuel. – 2007. – Vol. 86. – P. 1216-1231.

17 Imanbayev Ye., Tileuberdi Ye., Ongarbayev Ye., Mansurov Z., Batyrbayev A., Akkazin Ye., Krivtsov E., Golovko A., Rudyk S. Changing the Structure of Resin-Asphaltenes Molecules in Cracking // Eurasian Chemico-Technological Journal. – 2017. – Vol. 19, No. 2. – P. 147-154.

18 Tileuberdi Ye., Ongarbaev Ye., Tuleutaev B., Mansurov Z., Behrendt F. Study of Natural Bitumen Extracted from Oil Sands // Applied Mechanics and Materials. – 2014. – Vol. 467. – P. 8-11.

19 Елькин В.Н., Стрельникова В.Я., Кручинина А.Д. Изучение свойств битумосодержащих пород месторождений западного Казахстана // Автомобильные дороги. – 1983. – №3. – с. 9-14, [El'kin V.N., Strel'nikova V.YA., Kruchinina A.D. Izuchenie svojstv bitumosoderzhashhikh porod mestorozhdenij zapadnogo Kazakhstana // Avtomobil'nye dorogi. – 1983. – №3. – с. 9-14]

20 *Муфтахов Е.М.* Реологические свойства нефтей и нефтепродуктов.– М.: Юрист, 2001. – с.80, [Muftakhov E.M. Reologicheskie svoystva neftej i nefteproduktov.– М.: YUrist, 2001. – s.80,]

21 *Пузин Ю.И.* Химия нефти и газа.– М.: Юрист, 2004. – с.132, [Puzin YU.I. KHimiya nefiti i gaza.– М.: YUrist, 2004. – s.132]

22 *Поконова Ю. В. и др.* Химия нефти. –Л.: Химия, 1984. – с.360, [Pokonova YU. V. i dr. KHimiya nefiti. –L.: KHimiya, 1984. – s.360]

23 *Серебряков А. Ю., Гуреев А.А. и др.* // Нефтепереработка и нефтехимия. –1985.–№ 2.– с. 12-14, [Serebryakov A. YU., Gureev A.I.,-A i dr. // Neftepererabotka i neftekhimiya. –1985.–№ 2.– s. 12-14,]

24 *Andy Hong P.K., Zhixiong Cha, Xinyue Zhao, Chia-Jung Cheng, Willem Duyvesteyn.*: Extraction of bitumen from oil sands with hot water and pressure cycles// Fuel Processing Technology. – 2013. – Vol. 106. – P. 460–467.

25 *Abramov O.V., Abramov V.O., Myasnikov S.K., Mullakaev M.S.* Extraction of bitumen, crude oil and its products from tar sand and contaminated sandy soil under effect of ultrasound // Ultrasonic's Sonochemistry. – 2009. – Vol. 16. – P. 408-416.

26 *Yerdos Ongarbayev, Anatolii Golovko, Evgenii, Krivtsov, Erbol Tileuberdi, Yerzhan Imanbayev, Berikkazy Tuleutayev, Zulkhair Mansurov.* Thermocatalytic cracking of Kazakhstan's natural bitumen // STUDIA UBB CHEMIA, – 2014. - Vols. 59 (LIX. 4), – p. 57-64.

27 Патент РК № 1625. Способ переработки углеводородсодержащего сырья. Мансуров З.А., Тулеутаев Б.К., Онгарбаев Е.К., Тилеуберди Е., Султанов Ф.Р., Иманбаев Е.И., Берендт Ф. Оpubл. 31.08.2016, бюл. № 10, [Patent RK № 1625. Sposob pererabotki uglevodorodsoderzhashhego syr'ya. Mansurov Z.A., Tuleutaev B.K., Ongarbaev E.K., Tileuberdi E., Sultanov F.R., Imanbaev E.I., Berendt F. Opubl. 31.08.2016, byul. № 10,]

28 *Zhang Z., Ma X., Li H., Li X., Gao X.* Understanding the pyrolysis progress physical characteristics of Indonesian oil sands by visual experimental investigation. – Fuel, – 2018. - Vol. 216, – p. 29-35.

29 *Онгарбаев Е., Жамболлова А., Иманбаев Е., Тилеуберди Е., Головко А., Мансуров З.* Сверхкритическая флюидная экстракция природного битума месторождения «Беке» // Промышленность Казахстана. – 2016. – № 1. – с. 50-53, [Ongarbaev E., ZHambolova A., Imanbaev E., Tileuberdi E., Golovko A., Mansurov Z. Sverkhkriticheskaya flyuidnaya ehkstraktsiya prirodnogo bituma mestorozhdeniya «Beke» // Promyshlennost' Kazakhstana. – 2016. – № 1. – s. 50-53]

30 *Xu H.H. Okazawaet N.E., al.* In situ upgrading of heavy oils // PhD thesis, University of Birmingham, UK. 2014. – 323 p.

**Ермекова А.С.**, докторант 2 курса, e-mail: ainura\_1995\_kz@mail.ru

**Тилеуберди Е.**, доктор PhD, ассоциированный профессор,  
e-mail:erbol.tileuberdi@kaznu.kz

**Онгарбаев Е.К.**, доктор химических наук, профессор,  
e-mail: erdos.ongarbaev@kaznu.kz

**Масалимова Б.К.**, кандидат химических наук, ассоциированный профессор,  
e-mail: massalimova15@mail.ru