

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА
BUILDING AND ARCHITECTURE



УДК 691.16

DOI: 10.21822/2073-6185-2023-50-4-175-183

Обзорная статья / Review article

**Использование битуминозных пород и природных битумов
с точки зрения геоники**

М.А. Высоцкая, А.В. Курлыкина, В.А. Токарев

Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова,
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46, Россия

Резюме. Цель. Цель работы заключается в исследовании опыта использования битуминозных пород из различных месторождений для приготовления горячего асфальтобетона или извлечения битума из пород с точки зрения геоники. **Метод.** В качестве методов исследования используются: систематизация, описание и анализ. Необходимые данные формируются на основе информации, полученной по результатам анализа отечественных и зарубежных статей, связанных с темой природных битумов и практического опыта по извлечению битума из битуминозного песка для приготовления горячей асфальтобетонной смеси с использованием битуминозных пород без применения нефтяного битума из различных месторождений. **Результат.** Рассмотрены различные работы по приготовлению горячего асфальтобетона и битума из битуминозных пород. Полученные результаты показали, что использование битуминозных пород для приготовления горячего асфальтобетона и битума на их основе возможно, а свойства полученного материала соответствуют действующим стандартам качества. **Вывод.** Установлена зависимость свойств и химического состава материала от месторождения, в котором производили его добычу.

Ключевые слова: битуминозные породы, природные битумы, кыры, геоника, асфальтобетон

Для цитирования: М. А. Высоцкая, А.В Курлыкина, В.А. Токарев. Использование битуминозных пород и природных битумов с точки зрения геоники. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2023; 50(4): 175-183. DOI:10.21822/2073-6185-2023-50-4-175-183

The use of bituminous rocks and natural bitumens from a geonic point of view

M.A. Vysotskaya, A.V. Kurlykina, V.A. Tokarev

V.G. Shukhov Belgorod State Technological University,
46 Kostyukova St., Belgorod 308012, Russia

Abstract. Objective. The purpose of the work is to study the experience of using bituminous rocks from various deposits for the preparation of hot asphalt concrete or extracting bitumen from rocks from the point of view of geonics. **Method.** The following research methods are used: systematization, description and analysis. The necessary data is formed on the basis of information obtained from the analysis of domestic and foreign articles related to the topic of natural bitumen and practical experience in extracting bitumen from tar sand for the preparation of hot asphalt concrete mixture using bituminous rocks without the use of petroleum bitumen from various fields. **Result.** Various works on the preparation of hot asphalt concrete and bitumen from bituminous rocks are considered. The results obtained showed that the use of bituminous rocks for the preparation of hot asphalt concrete and bitumen based on them is possible, and the properties of the resulting material comply with current quality standards. **Conclusion.** The dependence of the properties and chemical composition of the material on the deposit in which it was mined has been established.

Keywords: bituminous rocks, natural bitumens, kiras, geonics, asphalt

For citation: M.A. Vysotskaya, A.V. Kurlykina, V.A. Tokarev. The use of bituminous rocks and natural bitumens from a geonic point of view. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2023; 50(4):175-183. DOI:10.21822/2073-6185-2023-50-4-175-183

Введение. Трансдисциплинарные исследования – это визитная карточка ведущих научных школ мира. Трансдисциплинарные исследования базируются на широкомасштабном использовании и переносе знаний, закономерностей, познавательных схем из одних дисциплин в другие, с получением эмерджентных свойств, т.е., свойств, которыми не обладают отдельные звенья системы или дисциплины, но они являются следствием эффекта целостности системы [1,2]. Одним из первых трансдисциплинарных направлений является кибернетика – наука об общих законах управления в системах любой природы: биологической, технической, социальной. Основной объект кибернетики – кибернетические системы, рассматриваемые вне зависимости от их материальной природы, способных воспринимать, хранить и перерабатывать информацию и использовать ее для управления и регулирования данными [3]. Направлениями кибернетики являются бионика и геоника.

Бионика помогает человеку справляться со сложными инженерными задачами путем анализа структуры и жизнедеятельности организмов. Геоника более молодое ответвление кибернетики, которое анализирует процессы, происходящие в неорганической среде и на их основе предлагает готовые решения. Направлениями геоники являются: оптимизация системы «человек-материал-среда обитания», архитектурная геоника, освоение и строительство подземных пространств, проблемы развития органического и неорганического мира, разработка алгоритмов и моделей создания и управления объектами неорганического мира, использование энергетики геологических и космических процессов, разработка новых технологий получения минералов и композитов [4], (рис. 1.).



Рис. 1. Научные направления геоники

Fig. 1. Scientific directions of geonics

Постановка задачи. Проблема развития органического и неорганического миров включает в себя задачу по комфортному существованию человека за счет более эффективного использования имеющихся ресурсов [5]. Но при всей важности стоящей задачи и многообразии отраслей, по которым приведены научные исследования, теме геоники применительно к дорожному хозяйству, а именно природным битумам и битуминозным породам уделено не заслуженно мало внимания. Растущий с каждым годом объем потребления битума заставляет человечества искать новые источники сырья, и тут хорошо применима поговорка «Все новое - это хорошо забытое старое».

Природные битумы и битуминозные породы использовались человеком с давних времен. Следы битума на каменном орудии неандертальца говорят о том, что применять битум начали более 40000 лет назад еще во времена Палеолита. Широкое распространение битум получил в Древнем Египте и Месопотамии. В процессе раскопок обнаружено большое количество сооружений, в которых битум выполнял роль вяжущего для соединения плит стен и полов зданий [6]. В качестве гидроизоляции битум применялся еще в начале первого тысячелетия до н.э. при строительстве тоннеля под Евфратом.

В Европе после открытия месторождений битуминозных пород на территории Франции, Швейцарии, Германии, в 1700–1800 г. г. начинается их внедрение в устройстве полов, тротуаров и гидроизоляции [7]. В 1835 г. были уложены первые тротуары в Париже, а спустя год асфальтовая дорога появилась и в Лондоне. К середине 19 века асфальтовые покрытия появляются и в США, первые дороги были построены с использованием импортированного из Европы Сейсельского битуминозного известняка. В конце столетия материал доставлялся в страну с острова Тринидад, где располагается огромное асфальтовое озеро.

В Российской империи первое асфальтовое покрытие тротуаров было осуществлено в 1866 г. в Петербурге, в 1869 г. в г. Кронштадте [8] с использованием ганновской битуминозной породы, хотя к этому времени было уже открыто несколько месторождений битуминозных пород в России. Первое из них (битуминозные известняки) было открыто в Сызрани в 1724 г., а в 1871 г. в этом городе стало функционировать предприятие по изготовлению асфальтовой мастики [7]. В следующем году асфальт стали довольно широко использовать на обычных питерских улицах, площадях и во дворах, и к 1880 году им были покрыты многие улицы в Кронштадте, Москве, Риге, Харькове, Киеве и Одессе [9].

С приобретением нефти статуса одного из важнейших топливных ресурсов, вариантом использования битуминозных песков стало выделение из него той самой нефти. Карл Кларк первым открыл способ выделения битума из битуминозных песков при помощи пара. Однако по сравнению с обычной нефтью, синтетическая нефть из битума является дорогой и сложной в производстве [10]. Самыми богатыми данными ресурсами странами являются Венесуэла и Канада. В Канаде разработка битуминозных песчаников в промышленных масштабах началась в 1927 году путем закачивания горячей воды в песок. Венесуэла начала разработку своих месторождений в 1979 году, но значительных успехов удалось добиться лишь в конце 1990-х годов с появлением более совершенных технологий. Применимость той или иной технологии разработки обуславливается различными факторами: количеством и свойствами залежей, географическим положением месторождений, глубиной залегания продуктивной толщи т. д.) [11]. На рис. 2 показано расположение месторождений природных битумов по странам.

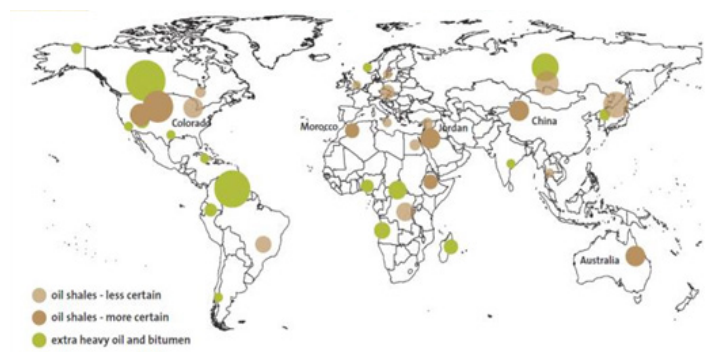


Рис. 2. Месторождение природных битумов [9]

Fig. 2. Natural bitumen deposit [9]

Россия в этом списке находится на третьем месте по запасам битуминозных пород. Суммарные прогнозируемые запасы природных битумов составляют более 30 млрд. т. [12]. Месторождения находятся как в Европейской, так и в Азиатской части страны. Асфальтовые озера расположены даже в Сахалинской области [13]. Основные регионы депозитов битуминозных пород в России: Волго-Уральская, Тимано-Печорская, Северный Кавказ-Мангишлак и Тунгуская. Бассейн Тунгуска является самым большим, однако расположен в очень отдаленной территории на территории Красноярского края, республики Саха и Иркутской области. Наиболее исследуемый из нефтегазоносных бассейнов Волго-Уральский, территориально расположенный в Татарстане. Примерные запасы битуминозных песков в нефтегазовой провинции представлены в табл. 1.

Таблица 1. Запасы битуминозных песков [13]**Table 1. Bituminous sand reserves [13]**

Область месторождений/Field area	Запасы (млн т.) Reserves
Тимано-Печорская/Timano-Pechorskaya	807,9
Волго-Уральская Volgo-Ural	4094,5
Восточно-Сибирская East Siberian	20770 5
Итого/ Total	25672,1

С точки зрения геоники важно понимать для чего могут быть использованы огромные запасы битуминозных песков и природных битумов. При этом не стоит забывать, что их использование должно быть максимально эффективно и приносить максимально возможную пользу человечеству. Понимание того, как извлекается битум из битуминозных пород и соответствует ли полученный материал действующим стандартам, а также свойства приготовленной на основе битуминозного песка асфальтобетонной смеси покажет перспективы использования данных материалов в дорожном строительстве.

Методы исследования. Произведена аналитика отечественных и зарубежных статей, связанных с темой природных битумов. Изучен опыт зарубежных ученых по извлечению битума из битуминозного песка для приготовления горячей асфальтобетонной смеси с использованием битуминозных пород без применения нефтяного битума. Рассмотрены исследования, в которых используется материал из различных месторождений, расположенных на значительном расстоянии друг от друга.

Обсуждение результатов. Множество научных работ написанных про методы, с помощью которых происходит извлечение из битуминозных пород битума в конечном счете сводятся к одному алгоритму действий [14]:

- битумоносная порода извлекается на поверхность, природный битум из породы экстрагируют растворителем, извлекают горячей водой с добавками эмульгирующих систем, пара и т.п.;
- природный битум добывают в шахте из скважин без подъема битуминозной породы на поверхность;
- природный битум добывается из скважины после предварительного разогрева пласта для увеличения подвижности углеводородов за счет закачки горячей воды, пара, частичного сжигания в пласте природного битума.

Использование кондиционных реагентов и горячей воды при извлечении из битуминозных пород природного битума предлагается в патентах [15, 16]. В этом случае заменой каустической соды служат кондиционные реагенты. Преимуществом данных методов является уменьшение образования шлама. Для получения битума в патенте [17] предлагается смешать чистый крупнозернистый песок и воду с битуминозным песком. Это необходимо для отделения битума от породы. Поток воды при умеренном перемешивании мелкозернистый песок и природный битум вымываются из смеси. Суспензия битума и мелкодисперсного песка направляется на пенную флотацию для отделения песка. Применение для извлечения битума из битуминозных пород шнековой мойки с мешалкой описано в патенте [18]. При смешивании с горячей водой и паром битуминозного песка в агрегате выделяются три слоя: суспензия глина–песок-вода природный битум и порода. Далее происходит разделение этих слоев, и на выходе получаем уже отделенный от породы природный битум. В способе [19] описано получение битума путем водной обработке битуминозного песка. При обработке битуминозной породы водой получается пена, в состав которой входит вода, природный битум и песок. Далее из пены путем пиролиза получают природный битум. На тему применения битуминозных пород и природных битумов в дорожном строительстве существуют различные исследования, проводимые в разных странах. Так, например, в Казахстане из битуминозных песков месторождения Мунайли-Мола извлекали битум способом экстракции [20]. В качестве растворителя использовали смесь гексана, толуола, этанола и бензола (соотношение этанол: бензол было равно 1:4). Экстракцию проводили в аппарате Сокслета до прекращения

окрашивания растворителем. Результат эксперимента показал, что извлеченный битум по содержанию в нем углерода, водорода, азота, серы и кислорода практически соответствует БНД 60/90. Отличительной особенностью природного битума является практически одинаковое содержание углерода (между 84 и 85), водорода (11-12) и меньшее содержание серы, азота. Данные по содержанию веществ приведены в табл. 2. Разницей между извлеченным природным битумом и БНД 60/90 является более низкое содержание в природном битуме серы и азота, при этом содержание углерода и водорода находятся примерно на одном уровне.

Таблица 2. Сравнение полученного методом экстракции битума из месторождения Мунайли-Мола с БНД 60/90 [20]

Table 2. Comparison of bitumen obtained by extraction from the Munaili-Mola deposit with BND 60/90 [20]

Тип битума Bitumen type	Содержание.мас.% Contents.mas				
	С	Н	S	N	O
Битум (гексан)	84.36	12.16	1.294	0.29	1.814
Битум (толуол)	85.00	12.34	1.010	0.30	0.15
Битум (этанол и бензол)	84.69	11.39	1.292	0.38	2.118
БНД 60/90	84.91	11.01	3.050	0.52	0.343

Были приготовлены образцы горячего асфальтобетона с добавлением битуминозного песка из месторождения Мунайли-Мола. В эти образцы не добавлялся нефтяной битум, а вяжущим являлся природный битум содержащийся в битуминозных песках. Полученные результаты представлены в табл. 3, на основании которых можно сделать вывод, что горячая асфальтобетонная смесь с добавлением битуминозных песков вполне соответствует действующим стандартам качества.

Таблица 3. Свойства горячего асфальтобетона из битуминозных песков месторождения Мунайли-Мола [20]

Table 3. Properties of hot asphalt concrete from bituminous sands of the Munaili-Mola deposit [20]

Характеристика/ Characteristic	Асфальтобетонная смесь с битуминозными песками, %		
	Asphalt concrete mixture with tar sands		
	28	47	60
Средняя плотность, г/см ³ Average density	2,29	2,30	2,22
Водонасыщенность, % Water saturation	6,1	2,4	2,6
Предел прочности при сжатии, МПа, при 20°C/ Ultimate compressive strength	8,7	4,6	4,2
Предел прочности при сжатии, МПа, при 20°C после водонасыщения /Ultimate compressive strength, MPa, at 20°C after water saturation	6,5	4,7	4,8
Предел прочности при сжатии, МПа, при 50 °C Ultimate compressive strength	2,1	1,1	0,6
Предел прочности при сжатии, МПа, при 0°C Ultimate compressive strength	14,9	13,0	5,1
Водонепроницаемость/ Waterproof	1,0	0,75	0,64
Адгезия связующего к минеральной части смеси/ Adhesion of binder to mineral parts of the mixture	Выдерживает/ Withstands	Выдерживает/ Withstands	Выдерживает/ Withstands

В Монголии было проведено исследование на пригодность использования битуминозного песка из месторождения Баян-Эрхэт в дорожном строительстве [21]. Добыча природного битума из битуминозных песков происходила методом экстракции, а в качестве растворителя использовался толуол. Элементный и групповой химический составы природного битума сравнивали с составом вязкого нефтяного дорожного битума марки БНД 60/90 из нефти западносибирских месторождений. Отличительной особенностью природного битума является весьма высокое содержание водорода (16 мас. %), кислорода и азота (13,7 мас. %), пониженное содержание углерода (69,6 мас. %) и серы (0,7 мас. %). Свойства битума полученного из битуминозного песка месторождения Баян-Эрхэт приведены в табл. 4. Как следует из данных табл. 4, природный битум пробы № 1 по комплексу стандартных свойств приближается к требованиям, предъявляемым к марке

БНД 60/90, за исключением несколько более высокого показателя температуры хрупкости по Фраасу.

Таблица 4. Свойства битума из месторождения Баян-Эрхэт [21]

Table 4. Properties of bitumen from the Bayan-Erkhet deposit [21]

Характеристика/ Characteristic	Природный битум/ Natural bitumen	
	Образец №1	Образец №2
Глубина проникания иглы, 0,1 мм/ Needle penetration depth	64	62
При 25 °С	24	27
При 0 °С	56	66
Растяжимость при 25°С, см/ Extensibility	49	54
Температура размягчения, °С/ Softening temperature	-13,5	-18
Температура хрупкости, °С/ Brittleness temperature	-0,9	+0,3
Индекс пенетрации/ Penetration index	–	480
Вязкость динамическая при 60 °С, Па·с/ Dynamic viscosity	отсутствует/ absent	отсутствует/ absent
Содержание водорастворимых соединений, мас. %/ Content of water-soluble compounds	62,5	72
Интервал работоспособности, °С Service interval	1,11	1,09
Коэффициент структуры $K_{стр} = (T_p - T_{xp}) / D_{25}$ Structure coefficient	64	62
После прогрева при 163°С в течение 5ч/ After heating at 163°С for 5 hours		
Изменение температуры размягчения, °С Change in softening temperature	2	3
Изменение массы, % Change in mass	0,21	0,45
Вязкость динамическая при 60°С, Па·с Dynamic viscosity	–	956

Природный битум пробы № 2 по сравнению с пробой № 1 имеет более высокие показатели деформативности, теплоустойчивости и трещиностойкости, широкий интервал работоспособности. Такой битум по всем показателям свойств соответствует марке БНД60/90. Также был приготовлен асфальтобетон из битуминозных песков месторождения Баян-Эрхэт. Свойства полученных асфальтобетонных смеси представлены в табл. 5.

Таблица 5. Свойства горячего асфальтобетона из битуминозных песков месторождения

Баян-Эрхэт [21]

Table 5. Properties of hot asphalt concrete from bituminous sands of the Bayan-Erkhet deposit [21]

Характеристика/ Characteristic	Тип асфальтобетона/ Type of asphalt concrete	
	Б	Д
Средняя плотность, кг/м ³ Average density	2370	2340
Остаточная пористость, % Residual porosity	3,3	2,51
Водонасыщение, % Water saturation	1,86	2,21
Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре: Compressive strength, MPa, at temperature:		
50°С	1,6	1,3
20°С	5,1	3,5
0°С	13,5	10,5
Предел прочности при растяжении при расколе, МПа, при 0°С / Tensile strength at splitting	5,2	4,72
Коэффициент водостойкости/ Water resistance coefficient	1	0,98
Коэффициент длительной водостойкости Long-term water resistance factor	0,89	0,81

Подбор составов горячих плотных асфальтобетонных смесей проводили с учетом содержания в битуминозных песках природного вязкого битума и зернового состава песка из битуминозных песков. Битуминозный песок с повышенным содержанием битума (14,81 мас. %) использовали для горячей щебеночной асфальтобетонной смеси типа Б, битуминозный песок (содержание битума 9,5 мас. %) для горячей песчаной асфальтобетонной смеси типа Д. Были установлены следующие составы асфальтобетонных смесей: тип Б, мас. %: щебень гранитный фракции 5–20 - 44 %; битуминозный песок (содержание битума 14,81%) – 36 %; песок природный фракций 0,315–0,63 мм и 0,16–0,315 мм – 12 %; активированный минеральный порошок – 8; тип Д, мас. %: битуминозный песок – 70 %; песок природный

фракций 0,315–0,63 и 0,16–0,315 мм – 18 %; активированный минеральный порошок – 12 %. По полученным результатам можно сделать вывод что горячая асфальтобетонная смесь с добавлением битуминозных песков из месторождения Баян-Эрхэт вполне соответствует действующим стандартам качества.

В самой богатой залежами битуминозного песка стране мира Канаде также проводились исследования природного битума полученного из этих песков [22]. Битуминозный песок для эксперимента добывался из месторождения Атабаска. В качестве растворителя в процессе экстракции был выбран пентан. Далее, полученный химический состав природного битума сравнивали с известными мировыми марками. Сравнение представлено в табл.6. Анализ табл.6 демонстрирует, что битум полученный из битуминозных песков Атабаски довольно богат микроэлементами, такими как ванадий и никель, которые, как известно, являются токсичными металлами. Поскольку эти металлы могут отравить катализатор, используемый в процессах повышения качества, таких как гидрокрекинг, желательнее удалить их перед процессом повышения качества. Кроме того, содержание серы в битуме Атабаска выше, чем в других представленных битумах.

Таблица 6. Сравнение битума полученного из месторождения Атабаски [22]

Table 6. Comparison of bitumen obtained from the Athabasca deposit [22]

Содержание/ Content	Daqing	Shengli	Saudi medium	Iranian heavy	Oman	Athabasca bitumen
Плотность при 20°C (г/см) Density	0,9392	0,9724	1,0258	1,0222	0,9637	0,8973
H/C (атомный)	1,79	1,58	1,51	1,44	1,60	1,50
S (мас.%)	0,15	3,01	4,79	3,11	1,68	4,78
N (мас.%)	0,44	0,95	0,53	0,62	0,45	1,63
Ni (мг/л)	7,60	55,70	36,70	90,00	18,00	68,50
V (мг/л)	0,1	3,3	147,4	205,8	21,8	174,00
Асфальтены (мас.%) Asphaltenes	0,00	2,20	9,30	10,80	2,00	15,59
Мальтен (мас.%) Malten	0,00	97,8	89,60	89,10	98,10	84,41
Насыщенные ароматические соединения (мас.%) / Saturated aromatic compounds	74,6	46,7	55,90	59,20	66,90	67,97
Смола (мас.%) Resin	25,4	51,1	33,7	29,9	31,20	16,44

Вывод. Сегодня основная масса дорожных битумов производится из нефти. Это достаточно трудоемкий процесс, сопровождающийся большим количеством вредных выбросов. Одним из преимуществ нефтяного битума над природным является возможность его производства на достаточном удалении от нефтяных месторождений, но при текущем темпе развития логистики можно с уверенностью сказать, что скоро это преимущество нивелируется. Благодаря проведенным исследованиям можно сказать, что полученный из битуминозных пород асфальтобетон и извлеченный битум по своим свойствам вполне соответствуют необходимым стандартам качества. Однако также видна зависимость свойств и химического состава материала от месторождения в котором производили его добычу.

Направление по исследованию применения битуминозных пород в дорожном строительстве является актуальным. Динамично развивающаяся и требующая все новых и новых ресурсов промышленность и напряженная мировая ситуация обязывают искать новые эффективные решения по применению находящихся у нас ресурсов.

Использование битуминозных пород для приготовления горячего асфальтобетона, а также извлечение из них битума может стать одним из качественно новых решений по их применению в наше время. Особенно это актуально для России которой не грозит дефицит нефти, а вот потребность в качественных материалах для дорожного строительства будет существовать всегда, исходя из географических размеров страны.

Библиографический список:

1. Бряник Н. В. и др. История и философия науки: Философия науки: хрестоматия. – 2021.
2. Лесовик В.С. К проблеме научного сотрудничества при изучении пород вскрыши месторождений КМА

- // Творческое содружество научно-исследовательских, проектно-конструкторских организаций, Вузов и предприятий в распространении и внедрении научных достижений. Тез.докладов. Материалы предстоящей научно-технической конференции; Белгород, 1977. – с. 16–17.
3. Мухсинова Л. Исследование систем управления. – Litres, 2022.
 4. Геоника (геомиметика). Примеры реализации в строительном материаловедении: монография / В.С. Лесовик. – 2-е изд., доп. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2016. – 287 с.
 5. Геоника (геомиметика) и поиск оптимальных решений в строительном материаловедении / В.С. Лесовик, А.А. Шеремет, И.Л. Чулкова, А.Э. Журавлева. – DOI <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-1-120-134> // Вестник СибАДИ. – 2021. – Т. 18, № 1(77). – С. 120–134.
 6. Губина, М.А. Способы добычи тяжелых нефтей и природных битумов / М.А. Губина, Н.П. Коновалов // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. № 6(65). – С. 105-109.
 7. Руденская И. М., Руденский А. В. Органические вяжущие для дорожного строительства. — М.: Транспорт, 1984. — 229с.
 8. Мукаев И. С. Исторические аспекты использования нефтяных битумов в производстве асфальтобетонных смесей: На примере дорожно-строительных предприятий г. Уфы: автореф. дисс.... канд. техн. наук: 07.00.10. /Уфа. 2000.-24с.
 9. Становление и развитие битумного производства / Н. А. Страхова, А. Н. Маслак, Н. А. Белова [и др.]. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 14 (148). — С. 128-132. — URL: <https://moluch.ru/archive/148/41491/> (дата обращения: 19.01.2023).
 10. Parviz M. Rahimi and Thomas Gentzis. The chemistry of bitumen and heavy oil processing. National Centre for Upgrading Technology, Oil Patch Drive, Suite A202, Devon, Alberta, Canada T9G 1A8. P.149-186.
 11. Non-traditional Oils: Analysis of Regional Distribution and Reserves of Heavy Oil and Natural Bitumen / T. Yarboboev, Sh. Sultanov, F. Aminov, D. Navotova. Bulletin of Science and Practice. 2020. – Vol. 6. – No 7. – P. 226-234. – DOI 10.33619/2414-2948/56/23.
 12. Мамахатов Т.М. Битуминозные пески в Сибири и их значение для топливно-энергетического комплекса стран мира// Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2014. – Т. 3. – № 1. – С. 116-120.
 13. Ганиева Т., Половняк В. Высоковязкие нефти, природные битумы и битумоносные породы. Litres, 2022.
 14. Мингареев, Р.Ш. Эксплуатация месторождений битумов и горючих сланцев / Р.Ш. Мингареев, И.И. Тучков. – М. Недра, 1980. – 572 с.
 15. Пат. US 5626743, МПК7 C 10 G 1/04, C 10 G 1/00. Tar sands extraction process / Humphreys Reginald D; заявитель и патентообладатель Geopetrol Equipment Ltd. – № US 19950467667; заявл. 06.06.1995; опубл. 06.05 1997.
 16. Пат. US 2002104799, МПК7 B 01 D 17/00; B 03 B 9/00; B 03 D 1/02, C 10 G 1/04, C 10 G 1/00. Tar sands extraction process / Humphreys Reginald D; заявитель и патентообладатель Geosol Technologies Inc. – № US 200110985329; заявл. 01.11.2001; опубл. 08.08 2002.
 17. Пат. US 5186820, МПК7 B 03 B 1/00; B 03 B 9/02; C 10 G 1/04, B 03 B 1/00, B 03 B 9/00, C 10 G 1/00. Process for separating bitumen from tar sands / Shultz Clifford W; Irvin G Daniel; заявитель и патентообладатель Univ Alabama / – № US 19910802186 19911204; заявл. 04.12.1991; опубл. 16.02 1993.
 18. Пат. CA 2165252, МПК7 C 10 G 1/04, C 10 G 1/00. Metod and apparatus for removing bituminous oil sands without solvent / Rendall John S., Lane Stephen J; заявитель и патентообладатель Solv Ex Corp. – № CA19952165252 19951214; заявл. 14.12.1995; опубл. 16.06.1996.
 19. Пат. CA 2053016, МПК7 C 10 G 1/04, C 10 G 1/00. Recovery of oil from tar sands / Green Robert C; Stundz Gordon F; Koveal Russel J JR; заявитель и патентообладатель Exxon Research Engineering Co. – № CA 19912053016 19911008; заявл. 08.10.1991; опубл. 02.05. 1992.
 20. Tileuberdi E., Ongarbayev Y., Behrendt F., Schneider I., Imanbayev Y., Tuleutayev B., Mansurov Z. (2012). Possibilities of preparation of asphalt concrete by oil sands of Kazakhstan. Chemical Bulletin of Kazakh National University, 68 (4), 9-13.
 21. Галдина В.Д., Кривонос О.И., Плаксин Г.В., Жаргалсайхан Н. Битуминозные пески Монголии в дорожном строительстве Строительные материалы. 2010. №2. С.27-29.
 22. Yoon S., Bhatt S.D., Lee W. et al. Separation and characterization of bitumen from Athabasca oil sand // Korean J. Chem. Eng. — 2009. — № 26 (1). — P. 64-71.

References

1. Bryanik N.V. et al. History and philosophy of science: Philosophy of science: a reader. – 2021. (In Russ)
2. Lesovik, V.S. On the problem of scientific cooperation in the study of overburden rocks of KMA deposits / V.S. Lesovik. Creative community of research, design and engineering organizations, universities and enterprises in the dissemination and implementation of scientific achievements. Abstracts. Materials of the upcoming scientific and technical conference; Belgorod, 1977; 16–17. (In Russ)
3. Mukhsinova L. Research of control systems. – Litres, 2022. (In Russ)
4. Geonics (geomimetics). Examples of implementation in construction materials science: monograph / V.S. Lesovik. – 2nd ed., add. – Belgorod: BSTU Publishing House, 2016; 287. (In Russ)

5. Geonics (geomimetics) and the search for optimal solutions in construction materials science / V.S. Lesovik, A.A. Sheremet, I.L. Chulkova, A.E. Zhuravleva. DOI <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-1-120-134>. *SibADI Bulletin*. 2021;18(1(77)):120–134. (In Russ)
6. Gubina, M.A. Methods for extracting heavy oils and natural bitumens. M.A. Gubina, N.P. Kononov. *Bulletin of Irkutsk State Technical University*. 2012; 6(65):105-109. (In Russ)
7. Rudenskaya I.M., Rudensky A.V. Organic binders for road construction. M.:Transport, 1984;229.(In Russ)
8. Mukaev I.S. Historical aspects of the use of petroleum bitumen in the production of asphalt concrete mixtures: On the example of road construction enterprises in Ufa: abstract of thesis. diss....cand. tech. Sciences: 07.00.10. /Ufa. 2000;24(In Russ)
9. Formation and development of bitumen production / N. A. Strakhova, A. N. Maslak, N. A. Belova [etc.]. Text: immediate. *Young scientist*. 2017;14(148):28-132. URL: <https://moluch.ru/archive/148/41491/> (access date: 01/19/2023).(In Russ)
10. Parviz M. Rahimi and Thomas Gentzis. The chemistry of bitumen and heavy oil processing. *National Center for Upgrading Technology, Oil Patch Drive, Suite A202, Devon, - Alberta, Canada T9G 1A8*: 149-186.
11. Non-traditional Oils: Analysis of Regional Distribution and Reserves of Heavy Oil and Natural Bitumen / T. Yarboboiev, Sh. Sultanov, F. Aminov, D. Navotova. *Bulletin of Science and Practice*. 2020; 6(7): 226-234. – DOI 10.33619/2414-2948/56/23 .(In Russ)
12. Mamakhatov, T.M. Tar sands in Siberia and their significance for the fuel and energy complex of the countries of the world. *Interexpo Geo-Siberia*. 2014; 3(1):116-120. .(In Russ)
13. Ganieva T., Polovnyak V. High-viscosity oils, natural bitumens and bitumen-bearing rocks. – Litres, 2022.
14. Mingareev, R.Sh. Exploitation of bitumen and oil shale deposits / R.Sh. Mingareev, I.I. Tuckhov. – M. Nedra, 1980; 572.(In Russ)
15. Pat. US 5626743, MPK7 C 10 G 1/04, C 10 G 1/00. Tar sands extraction process. Humphreys Reginald D; applicant and patent holder Geopetrol Equipment Ltd. No. US 19950467667; application 06/06/1995; publ. 05/06/1997.
16. Pat. US 2002104799, IPC7 B 01 D 17/00; At 03 At 9/00; B 03 D 1/02, C 10 G 1/04, C 10 G 1/00. Tar sands extraction process / Humphreys Reginald D; applicant and patent holder Geosol Technologies Inc. –No. US 200110985329; application 01.11.2001; publ. 08.08.2002.
17. Pat. US 5186820, MPK7 V 03 V 1/00; B 03 B 9/02; C 10 G 1/04, B 03 B 1/00, B 03 B 9/00, C 10 G 1/00. Process for separating bitumen from tar sands / Shultz Clifford W; Irvin G Daniel; applicant and patent holder Univ Alabama / - No. US 19910802186 19911204; application 04.12.1991; publ. 02/16/1993.
18. Pat. CA 2165252, MPK7 C 10 G 1/04, C 10 G 1/00. Method and apparatus for removing bituminous oil sands without solvent / Rendall John S., Lane Stephen J; applicant and patentee Solv Ex Corp. – No. SA19952165252 19951214; application 12/14/1995; publ. 06/16/1996.
19. Pat. SA 2053016, MPK7 C 10 G 1/04, C 10 G 1/00. Recovery of oil from tar sands. Green Robert C; Stundz Gordon F; Koveal Russell J JR; applicant and patent holder Exxon Research Engineering Co. – No. SA 19912053016 19911008; application 08.10.1991; publ. 02.05. 1992.
20. Tileuberdi, E., Ongarbayev, Y., Behrendt, F., Schneider, I., Imanbayev, Y., Tuleutayev, B., Mansurov, Z. (2012). Possibilities of preparation asphalt concrete by oil sands of Kazakhstan. *Chemical Bulletin of Kazakh National University*, 68 (4), 9-13.
21. Galdina V.D., Krivonos O.I., Plaksin G.V., Zhargalsaikhan N. Tar sands of Mongolia in road construction Construction materials. 2010; 2:27-29. (In Russ)
22. Yoon S., Bhatt S.D., Lee W. et al. Separation and characterization of bitumen from Athabasca oil sand. *Korean J. Chem. Eng.* 2009;26 (1): 64-71.

Сведения об авторах:

Высоцкая Марина Алексеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильных и железных дорог, roruri@rambler.ru

Курлыкина Анастасия Владимировна, аспирант; anastas.k8@yandex.ru

Токарев Владимир Алексеевич, аспирант; tokareva161@mail.ru

Information about authors:

Marina A. Vysotskaya, Cand. Sci. (Eng), Assoc. Prof., Department of Roads and Railways, roruri@rambler.ru

Anastasia V. Kurlykina, Graduate Student; anastas.k8@yandex.ru

Vladimir A. Tokarev, Graduate Student; tokareva161@mail

Конфликт интересов/Conflict of interest.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов/The authors declare no conflict of interest.

Поступила в редакцию/ Received 11.10.2023.

Одобрена после рецензирования / Revised 30.10.2023.

Принята в печать /Accepted for publication 30.10.2023.