

ENGINEER



international scientific journal

SPECIAL ISSUE

E-ISSN

3030-3893

ISSN

3060-5172



SLIB.UZ
Scientific library of Uzbekistan



A bridge between science and innovation



**TOSHKENT DAVLAT
TRANSPORT UNIVERSITETI**

Tashkent state
transport university



ENGINEER

A bridge between science and innovation

E-ISSN: 3030-3893

ISSN: 3060-5172

SPECIAL ISSUE

24-april, 2025



engineer.tstu.uz

**MUHAMMADAMIN KABULOVICH TOHIROVNING TAVALLUDINING
80 YILLIGIGA BAG'ISHLANGAN
“SAMARALI QURILISH MATERIALLARI, KONSTRUKSIYALARI VA
TEXNOLOGIYALARI”
MAVZUSIDAGI XALQARO ILMIY-AMALIY KONFERENSIYASI
ILMIY ISHLARI TO'PLAMI**

Toshkent davlat transport universiteti Rossiya Arxitektura va qurilish fanlari akademiyasining akademigi, O'zbekiston Respublikasida xizmat ko'rsatgan yoshlar murabbiysi, texnika fanlari doktori, professor **Muhammadamin Kabulovich Tohirovning tavalludining 80 yilligiga bag'ishlangan “Samarali qurilish materiallari, konstruksiyalari va texnologiyalari”** mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya ilmiy ishlari to'plami chop etildi.

Muhammadamin Kabulovich kompozitsion qurilish materiallarining polistrukturaviy nazariyasini rivojlantirishga ulkan hissa qo'shgan olimdir. 1995-yilda Muhammadamin Kabulovich Rossiya Arxitektura va qurilish fanlari akademiyasining (RAASN) xorijiy a'zosi etib saylangan, bu esa ularning qurilish materialshunosligi sohasiga qo'shgan ilmiy hissasining xalqaro miqyosdagi e'tirofi bo'ldi. Ular o'z ilmiy faoliyati davomida 6 ta monografiya, 200 dan ortiq ilmiy maqola va 25 ta ixtiroga mualliflik guvohnomasi yaratganlar.

Ushbu konferensiyaning asosiy maqsadi – qurilish materialshunosligi, bino va inshootlarni loyihalash hamda qurilish sohasidagi zamonaviy ilmiy tadqiqotlar natijalarini muhokama qilish, shuningdek, muhandislik ta'limini takomillashtirish yo'llarini aniqlashdir.

Konferensiyada O'zbekiston Respublikasi hamda xorijiy mamlakatlarning oliy o'quv yurtlari va ilmiy-tadqiqot institutlari olimlari, shuningdek, muhim ilmiy tadqiqot natijalariga ega bo'lgan ishlab chiqarish vakillari o'z ilmiy ishlari bilan ishtirok etdilar.

“Samarali qurilish materiallari, konstruksiyalari va texnologiyalari” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyaning asosiy yo'nalishlari quyidagilardan iborat:

1. **Resurs va quvvatni tejaydigan qurilish materiallari va texnologiyalari** – zamonaviy ekologik va iqtisodiy talablarni qondirishga qaratilgan innovatsion yechimlar.
2. **Bino va inshootlarning qurilish konstruksiyalari, zamonaviy hisoblash va loyihalash usullari - muhandislik** va texnologik yechimlarni takomillashtirish yo'nalishlari.
3. **Arxitektura va shaharsozlik** – estetik va funksional jihatlarni uyg'unlashtirgan zamonaviy loyihalar yaratish.
4. **Zamonaviy muhandislik ta'limi tizimini takomillashtirish** – kelajak mutaxassislarini yuqori malakali darajada tayyorlash uchun ta'lim jarayonini modernizatsiya qilish.

Mazkur konferensiya ilmiy hamjamiyatning turli vakillarini bir joyga jamlab, qurilish materialshunosligi sohasidagi zamonaviy muammolar va istiqbollarni muhokama qilish uchun qulay platforma vazifasini bajardi.

On the new classification of mineral fillers used in asphalt concrete technology

I.M. Makhamataliev¹^a, A.M. Karabaev¹^b, S.D. Avabde²^c

¹Tashkent state transport university, Tashkent, Uzbekistan

²Damascus University of Technology, Damascus City, Syria

Abstract: The article presents the results of research on the surface-active properties of local mineral fillers using the method of determining the distribution of adsorption centers (DAC). Based on the obtained results for determining the surface-active properties of local mineral fillers, a unified criterion for scientifically grounded prediction of the behavior of mineral fillers in the composition of asphalt concrete is proposed. The proposed criterion for assessing the acid-base properties of the surface of mineral fillers, using the indicator of "normalized chemisorption activity," shows a high convergence of the results with the outcomes of previously conducted studies and can be adopted as the basis for predicting and regulating the physical-mechanical and operational properties of asphalt concrete.

Keywords: mineral filler, asphalt concrete, structure formation, adsorption centers, acid centers, basic centers, chemisorption, asphaltene, microstructure, matrix, porosity, strength, properties, compression, bending, composition, composite, acid-base interaction, forecasting, criterion, classification, indicator, assessment, efficiency

О новой классификации минеральных наполнителей, используемых в технологии асфальтобетонов

Махаматалиев И.М.¹^a, Карабаев А.М.¹^b, Авабде С.Д.²^c

¹Ташкентский государственный транспортный университет, Ташкент, Узбекистан

²Дамасский технический университет, Город Дамаск, Сирия

Аннотация: В статье приведены результаты исследований по изучению поверхностно- активных свойств местных минеральных наполнителей с использованием метода определения распределения центров адсорбции (РЦА). На основании полученных результатов по определению характеристик поверхностно- активных свойств местных минеральных наполнителей предложить единый критерий научно обоснованного прогнозирования поведения минеральных наполнителей в составе асфальтобетонов. Предложенный критерий оценки кислотно- основных свойств поверхности минеральных наполнителей по показателю «приведённой хемосорбционной активности» показывает высокую сходимость получаемых результатов с результатами ранее приведенных исследований и может быть принят в основу прогнозирования и регулирования физико-механических и эксплуатационных свойств асфальтобетонов.

Ключевые слова: минеральный наполнитель, асфальтобетон, структурообразование, центры адсорбции, кислотные центры, основные центры, хемосорбция, асфальтены, микроструктура, матрица, пористость, прочность, свойства, сжатие, изгиб, состав, композит, кислотно-основное взаимодействие, прогнозирование, критерий, классификация, показатель, оценка, эффективность


1. Введение

В настоящее время минеральные наполнители рассматриваются как один из основных компонентов асфальтобетонов позволяющих регулировать процессы структурообразования асфальтобетонной смеси в нужном направлении и получать строительные композиты с заранее заданными свойствами [1-4]. Однако, как показывает анализ литературных источников поверхностно-активные свойства минеральных наполнителей недостаточно подробно изучены.

Литературный анализ. Общеизвестно, что впервые зависимости между составом поверхности наполнителей и свойствами композиционных

материалов получены для полимерных композитов. Логическим продолжением таких результатов является исследование роли поверхности минеральных наполнителей в полимербетонах и бетонах с полимерными добавками. Так, О. С. Поповой исследовалась адсорбция смол различными поверхностями, сформулирована и подтверждена гипотеза об избирательной адсорбции органических соединений из жидкой фазы поверхностями зерен цемента или гидратных новообразований. Получены изотермы адсорбции смол на поверхности минеральных веществ. В соответствии с экспериментальными данными водорастворимые смолы разделены на соответствующие группы.

^a <https://orcid.org/0009-0002-5945-2565>

^b <https://orcid.org/0000-0002-9880-8547>

^c <https://orcid.org/0000-0002-5317-2602>



Впервые учитывать взаимодействие в системе цемент - наполнитель предложено академиком В. И. Соломатовым (Россия). Его научной школе принадлежат проведенные впервые в технологии бетонов исследования кислотно-основных свойств наполнителей [6-12] в цементных и полимерных бетонах. М. К. Тахировым, исходя из представлений о структурообразовании связующих полимербетонов сделано предположение о том, что межфазное взаимодействие в системе «полимер-наполнитель» носит кислотно-основной характер. С учетом возможных топокхимических реакций, кислотно-основных взаимодействий на поверхности дисперсных частиц и раздела фаз сделано предположение о нецелесообразности совместного измельчения цементного клинкера с минеральными веществами при получении смешанных вяжущих и недостаточной эффективности использования высокодисперсных наполнителей и получено экспериментальное подтверждение. В работах [13,26] использован метод электронной спектроскопии адсорбированных молекул индикаторов. Определена сила и концентрация кислотных и основных центров на поверхности дисперсных веществ. Установлено, что поверхность частиц портландцемента в естественном состоянии характеризуется преобладающим наличием основных центров, и в качестве критерия активности поверхности дисперсных веществ предложена безразмерная величина «п», представляющая собой отношение суммы концентраций кислотных центров к сумме концентраций основных центров ($\sum SK/\sum CO$). Однако, как показала практика этот критерий в силу ограниченности его возможностей использования не нашел широкого практического применения.

Метод измерения адсорбции красителей использован Л.С.Тушишвили при исследовании влияния компонентов шлакопортландцемента на его свойства. Установлено, что различные материалы по разному адсорбируют как ионоположительные, так и ионоотрицательные красители.

В работах [14,15] сформулировано условие достаточно прочных адгезионных контактов в системе «цемент-наполнитель». По мнению авторов, это возможно в том случае «если поверхностная энергия наполнителя значительно выше, чем цемента». Отмечается, что определение поверхностной энергии твердых тел затруднительно, и о значении ее для твердых тел «можно судить лишь косвенно - с помощью ряда расчетных методов или измерения некоторых механических характеристик».

В работе Н.А. Шангиной [14] и для оценки поверхностных свойств минеральных наполнителей предлагается использовать индикаторный метод определения распределения центров адсорбции (РЦА) в спектрофотометрическом варианте разработанной д.х.н. А.П. Ничипоренко [5].

Данный метод очень интересен с научной точки зрения и позволяет в определенной мере прогнозировать и управлять свойствами цементных бетонов.

2. Методология исследования

Методы. В проведенных в Ташкентском государственном транспортном университете экспериментальных исследованиях по восполнению

данного научного пробела в исследованиях поверхностно- активных свойств местных минеральных наполнителей были изучены эти свойства поверхности наполнителей с использованием метода определения РЦА разработанный д.х.н. А.П. Ничипоренко [5].

Метод определения РЦА при исследовании поверхностно-активных свойств минеральных наполнителей имеет бесспорные преимущества по сравнению с ранее использованными методами, которые заключаются в следующем:

1. Метод позволяет оценить не только кислотность или основность поверхности, но и установить принадлежность к lyonсовскому (апротонному) или бренстедовскому [5] типу, что делает возможным проследить механизм влияния их поверхности на свойства асфальтобетонной смеси и асфальтобетона.

2. Позволяет оценивать уровень энергии поверхности, так как значения силы кислоты или основания имеют энергетическое содержание, поскольку отражают энергию химической связи, выражаясь через величины соответствующих констант диссоциаций.

3. Параметры метода, отражающие кислотно-основную и энергетическую природу поверхности, позволяют утверждать их взаимосвязь с хемосорбционной активностью органического вяжущего и эксплуатационными свойствами асфальтобетонной смеси и асфальтобетона - вязкостью, прочностью и морозостойкостью, поскольку воздействуют на кислотно-основные и окислительно-восстановительные равновесия в системе.

Выбранный метод определения РЦА по своим параметрам позволяет предложить единый критерий научно обоснованного прогнозирования поведения минеральных наполнителей в составе асфальтобетона.

Обсуждение. В табл.1 и на рис 1-5 приведены результаты определения РЦА на поверхности принятых к исследованию минеральных наполнителей.

Кривые распределения центров адсорбции (РЦА) поверхности минеральных наполнителей построены в координатах:

$$g_{pKa^x} = F(pKa^x),$$

где g_{pKa^x} - содержание активных центров, эквивалентное количеству адсорбционного индикатора данной кислотной среды pKa^x , приведена на рис. 1-5.

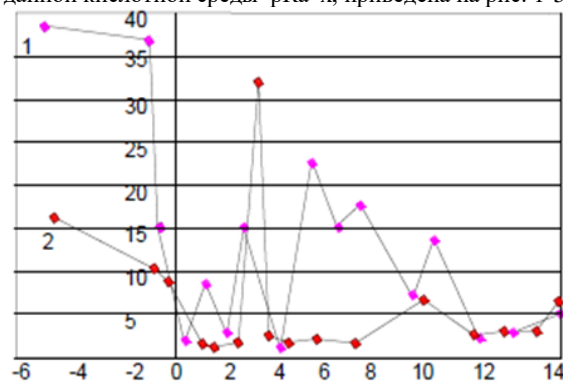


Рис. 1. Распределение центров адсорбции на поверхности: 1- базальтового наполнителя; 2- золы уноса ТЭС



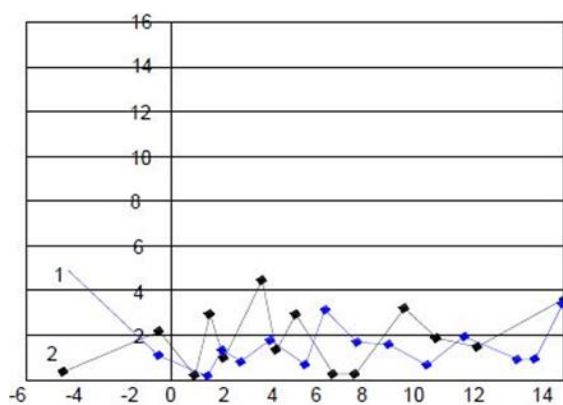


Рис. 2. Распределение центров адсорбции на поверхности: 1- глиежа; 2- отвалного шлака электроплавильного производства

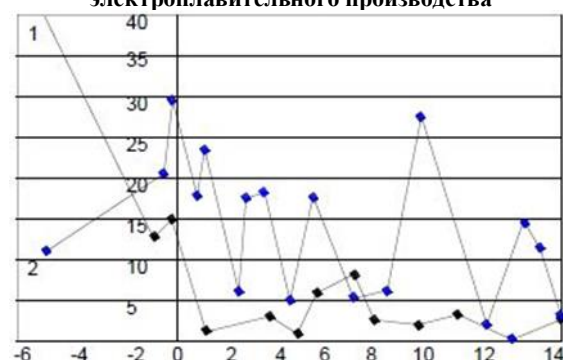


Рис. 3. Распределение центров адсорбции на поверхности: 1- цеолитсодержащей породы; 2- кварцевого песка

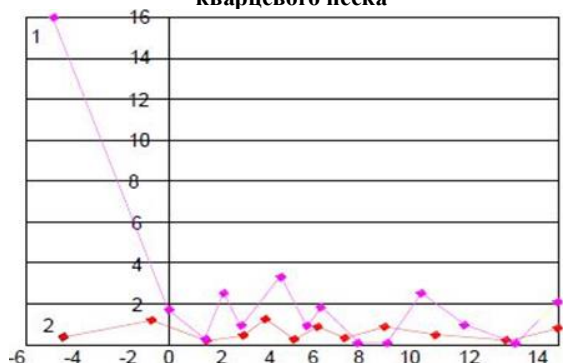


Рис. 4. Распределение центров адсорбции на поверхности: 1- отвалного шлака медеплавильного производства

Для анализа полученных результатов более удобно пользоваться данными табл.1, где приводятся значения суммарной активности центров в определенной области распределения.

Такие данные являются очень ценными, так как позволяют оценить влияние каждого из них на процесс хемосорбции органического вяжущего.

Таблица 1

Содержание центров адсорбции поверхности минеральных наполнителей

№ п/п	Наименование минерального	Кол-во центров, 10^3 мг-экв/м ²	Общее кол-во центров
1	Песок Кварцевый	8,04	27,78
2	Песок барханный	4,12	22,22
3	Глиеж	13,22	42,64
4	Базальт	23,41	58,68
5	ОЭП (отходы электроплавильного производства)	41,18	57,14
6	ОМП (отходы медеплавильного производства)	6,61	51,18
7	Зола-унос ТЭС	43,14	87,84
8	Цеолит содержащая порода	102,08	141,72

	наполнитель	- 4...0	0 ... 7	7... 12,8	>12,8	
		P_{ol}	P_{kb}	P_{ob}	P_{kl}	
1	Песок Кварцевый	8,04	9,11	8,75	1,88	27,78
2	Песок барханный	4,12	7,08	9,95	1,07	22,22
3	Глиеж	13,22	16,47	10,08	2,87	42,64
4	Базальт	23,41	22,15	11,16	1,96	58,68
5	ОЭП (отходы электроплавильного производства)	41,18	5,48	9,34	1,14	57,14
6	ОМП (отходы медеплавильного производства)	6,61	23,88	16,37	4,32	51,18
7	Зола-унос ТЭС	43,14	27,61	11,77	5,32	87,84
8	Цеолит содержащая порода	102,08	24,88	12,62	2,14	141,72

В работах Ядыкиной Н.Н. [15] подтверждена сформулированная ею гипотеза о том, что исходя из строения поверхности минеральных пород и состава битума, можно сделать вывод, что молекулы органических веществ, содержащиеся в вяжущем, могут достаточно активно взаимодействовать с поверхностью кислых минеральных материалов. Так, например, входящие в состав асфальтенов и смол ароматические полициклические структуры, включающие гетероциклы с азотом и серой, имеющие π - связи и атомы с неподеленными электронными парами, могут являться донорами электронов и взаимодействовать с электроноакцепторными кислотными центрами Льюиса ($pK_a > 13$). Причем, конденсированные ароматические соединения, содержащиеся в асфальтенах, смолах и маслах, являются более непредельными, чем бензол, поэтому они значительно активнее. Кроме того, боковые заместители в виде предельных алифатических цепей, а также другие заместители с +C эффектом (-OH, -OR, -OCOR, -SH, -NH₂, -NHR) активируют бензольные кольца. Нафтоновые кольца, содержащие, например, азот, являются также сильными льюисовскими основаниями, а пиридин по данным [8], легко образует комплексы с апротонными кислотами, каковыми и являются льюисовские кислотные центры на поверхности кремнезема.

Комплексные соединения фенолов и азотистых оснований также способны образовывать донорно-акцепторные связи с кислотными центрами Льюиса ($pK_a > 13$) поверхности.

На Бренстедовских кислотных центрах,



представляющих собой поверхностные гидросильные группы (pK_a 0-7) могут образовываться водородные связи при участии атома водорода поверхности, проявляющего электроно-акцепторные свойства, в качестве доноров при образовании этих связей могут быть π -связи, то есть электроны бензольных ядер и кратных связей органических соединений битума, а также неподеленные электронные пары гетероатомов. Проведённые многочисленные исследования [9], ясно показывают, что адсорбция полярных молекул или ароматических соединений посредством π -связей происходит наиболее сильно на поверхностных силанольных группах, не связанных водородными связями с соседними ОН-группами. Следовательно, для достижения максимальной адсорбции поверхность кремнезёма не должна содержать адсорбированную воду, но должна иметь наибольшую концентрацию групп SiOH.

По данным Хайра и Элписа [18] наиболее сильная адсорбция органических соединений происходит на изолированных, обладающих невозмущенными колебаниями гидроксильных группах, расположенных на термически дегидратированной поверхности кремнезёма. Молекулы ароматических углеводов взаимодействуют с подобными гидроксильными группами при соотношении 1:1. В битумах содержатся также азотистые основания и соединения, содержащие гидроксильные (-ОН), карбонильные ($C=O$), сложноэфирные (-COOR) и другие группы, образующие при окислении нефтяных остатков, которые являющиеся брэнстедовскими основаниями и будут взаимодействовать с кислотными центрами Брэнстеда поверхности. Другие функциональные группы с кислородным атомом (-COOH, $R-C\equiv O$), а также свободные кислородные соединения - нафтенные и асфальтогеновые кислоты, ангидриды, фенолы также способны адсорбироваться на активных поверхностных центрах кремнеземсодержащих минеральных материалах.

Кислоты, естественно, будут взаимодействовать с основными брэнстедовскими центрами (pK_a 7-13), причем, ароматические кислоты являются более сильными, чем алифатические, а наличие двух заместителей, например -COOH и -ОН, у нафтенных и ароматических колец, что часто наблюдается в составе битума, усиливает кислотность, а, следовательно, адсорбционную способность этих соединений. В работе [10] при рассмотрении механизма реакций на поверхности кремнезёма указывается, что при адсорбции органических кислот, вероятно, образуются хемосорбированные соединения.

Ангидриды кислот ($R-C^+O-O-CO-R$) являются акцепторами электронов, поэтому способны взаимодействовать с электронодонорными основаниями Льюиса ($pK_a < 0$). Из органических веществ на этих центрах могут также адсорбироваться органические соединения, содержащие π -связи, сопряженные с заместителями с большим -С эффектом, являющиеся льюисовскими кислотами. В битумах это могут быть соединения с группами

SO_3H^+ и NO_2^+ , но их количество очень мало. Нельзя исключать и возможность образования водородных связей или даже передачу протона в результате кислотно-основного взаимодействия кислот битума и основных льюисовских центров поверхности кремнезёма, однако в неполярных средах это

маловероятно.

Исходя из вышеизложенного можно заключить, что вопреки традиционно сложившемуся мнению, поверхность кислых кремнеземсодержащих минеральных материалов не является инертной по отношению к компонентам битума. Взаимодействие на границе раздела органическое вяжущее - минеральный материал нельзя рассматривать упрощенно, с той точки зрения, что поверхность кислых пород заряжена отрицательно, а в битуме присутствуют ПАВ преимущественно анионного типа (асфальтогеновые и нафтенные кислоты), поэтому взаимодействие между ними практически невозможно. Необходимо учитывать присутствие на поверхности минеральных материалов не только тончайших коллоидных пленок оксидов и гидроксидов и аморфного кремнезёма, но и обязательно наличие активных поверхностных центров, которые могут адсорбировать практически все органические соединения, содержащиеся в битуме, и за счет этого обеспечивать прочные адгезионные контакты между вяжущим и поверхностью минеральных материалов.

3. Результаты исследования

Учитывая вышеизложенное, а так же принимая во внимания малозначимость влияния интенсивностей центров адсорбции на поверхности минеральных наполнителей в области pK_a от -4 до 0 на хемосорбционную активность органического вяжущего нами был предложен критерий, позволяющий оценить поверхностно-активные свойства минеральных наполнителей в асфальтобетонах. Этот критерий был назван показателем приведённой хемосорбционной активности и обозначен символом $R_{рха}$. Данный показатель подсчитывается на основании результатов полученных после исследования донорно-акцепторных свойств поверхностей минеральных наполнителей с использованием индикаторного метода определения распределения центров адсорбции (РЦА) по способу Нечипоренко А.П. [5]. Как известно, полное описание кислотно-основных свойств поверхности минеральных наполнителей подразумевает определение концентрации и силы активных центров, т.е. получение их распределения с дифференцированной на кислотные и основные по Льюису и Брэнстаду.

Имея результаты по определению распределения центров адсорбции на поверхности минеральных наполнителей достаточно легко подсчитывается показатель приведённой хемосорбционной активности данного наполнителя, которая определяется по формуле:

$$R_{рха} = P_{kl} + 0,5P_{kb} + 0,25P_{ob}, \quad (1)$$

где, P_{kl} , P_{ol} , P_{ob} – количество центров адсорбции в областях: $pK_a > 13,0$;

$0 < pK_a < 7$; $7 < pK_a < 13,0$ в 10-3 мг-экв/г. соответственно.

Данный критерий характеризующий кислотно-основные свойства поверхности минеральных наполнителей позволяет научно обосновано классифицировать минеральные наполнители по степени их воздействия на качественные показатели асфальтобетона. В общем случае предлагается следующая классификация минеральных наполнителей по критерию - $R_{рха}$, то есть по вычисленному по формуле (1) показателю приведённой хемосорбционной



активности (табл.2).

Для принятых к исследованию минеральных наполнителей подсчёт данного критерия т.е показателя приведённой хемосорбционной активности выполнен в табличной форме и представлен в табл. 2.

Таблица 2
Классификация минеральных наполнителей по показателю приведённой хемосорбционной активности $R_{рха}$

№ п/п	Виды минеральных наполнителей	Значения критерия $R_{рха}$	Потенциальная эффективность в составе асфальтобетона, % прироста прочности
1	Слабоактивные	от 0 до	До 5%

		<10	
2	Среднеактивные	от 10 до <15	5-10%
3	Сильноактивные	от 15 до <20	10-15%
4	Суперактивные	Свыше до >20	более 15%

Анализ результатов подсчёта критерия $R_{рха}$ (табл. 3.) показывает, что согласно предложенной классификации принятые к исследованию местные минеральные наполнители относятся к следующим видам по хемосорбционной активности: молотый барханный, кварцевый песок, ОЭП- средне активные; базальт, цеолитсодержащая порода - сильно активные; ОМП, зола-уноса ТЭС - суперактивные.

Таблица 3

Подсчёт критерия $R_{рха}$ в табличной форме

№ п/п	Наименование минерального наполнителя	Исходные данные				Преобразованные данные		Критерий $R_{рха}$
		-4...0	0...7	7...13,0	>13,0	0,25 $P_{об}$	0,5 $P_{кб}$	
		$P_{ол}$	$P_{кб}$	$P_{об}$	$P_{кл}$			
1.	Песок Кварцевый	8,04	9,11	8,75	1,88	2,18	4,55	8,61
2.	Песок барханный	4,12	7,08	9,95	1,07	2,49	3,54	7,10
3.	Глиеж	13,22	16,47	10,08	2,87	2,52	8,23	13,62
4.	Базальт	23,41	22,15	11,16	1,96	2,80	11,07	15,83
5.	ОЭП-отходы электроплавильного производства	41,18	5,48	9,34	1,14	2,33	2,74	6,21
6.	ОМП-Отходы медиплавильного производства	6,61	23,88	16,37	4,32	4,09	11,94	20,35
7.	Зола- унос	43,14	27,61	11,77	5,32	2,94	13,80	22,06
8.	Цеолит содержащая порода	102,08	24,88	12,62	2,14	3,15	12,44	17,73

В целях подтверждения достоверности и корректности полученных результатов исследований по разработке нового критерия оценки поверхностно-активных свойств минеральных наполнителей для асфальтобетонов нами были проведены сравнительные исследования с полученными ранее результатами исследований других учёных и специалистов [18-25]. Результаты подсчёта предложенного критерия $R_{рха}$ для минеральных наполнителей, исследованных в работах Шангиной Н.Н., Ядыкиной В.В. [14,15] показывают, что предложенный критерий оценки поверхностно-активных свойств минеральных наполнителей по показателю приведённой хемосорбционной активности ($R_{рха}$) достаточно корректно и объективно отражает потенциальную хемосорбционную способность данного вида наполнителя в асфальтобетонах.

4. Заключение

Таким образом, предложенный критерий оценки кислотно- основных свойств поверхности минеральных наполнителей по показателю $R_{рха}$ показывает высокую сходимость с результатами ранее приведенных исследований и может быть принят в основу прогнозирования и регулирования физико-механических и эксплуатационных свойств асфальтобетонов.

Использованная литература / References

- [1] Адылходжаева А.И. Махаматалиев И.М., Тургунбаев У.Ж., Цой В.М.; под.общ. ред. Адылходжаева А.И. Интенсивные технологии строительства. (Монография). –Ташкент, Изд- во «Фан ва технология», 2016. -228 с.
- [2] Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М. Под. общ. ред. Адылходжаева А.И. Композиционные строительные материалы (Монография). - «LAMBERT» ACADEMIC PUBLISHING, 2018 -176 с.
- [3] Adilkhodjaev, A., Makhamataliev, I., Tsoy, V., Ruzmetov, F., Umarov, K. About ways of application of mineral fillers in the composition of cement concretes, taking into account the character of distribution of adsorption centers on their surface International Journal of Advanced Science and Technology, 2020, 29(5), страницы 1894–1900.
- [4] Adilkhodjaev.A., Makhamataliev, I., Tsoy, V., Umarov, K., Azimov, D. Classification of Mineral Fillers for Concretes, Taking into Account the Number and Nature of the Distribution of Active Centers on Their Surface AIP Conference Proceedingsthis link is disabled, 2023, 2612, 040011.
- [5] Нечипоренко А.П. Донорно-акцепторные свойства поверхности твёрдых тел оксидов и



халькогенидов. Автореферат дис... доктор, хим. наук. Санкт-Петербург. - 1995. - 41 с.

[6] Соломатов В.И. и др. Композиционные строительные материалы и конструкции пониженной материалоемкости. Киев: Будивельник, 1991.

[7] Махаматалиев И.М. О концепции разработки технологии высокопрочных бетонов на основе полиструктурной теории композиционных строительных материалов // Материалы Республиканской научно-практической конференции «Теория композиционных материалов и инновационные технологии». Ташкент, 2012. - С.26-29.

[8] Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М. О совершенствовании методологических аспектов полиструктурной теории композиционных материалов // Сборник научных статей по итогам Международной научно-практической конференции «Инновационная стратегия развития фундаментальных и прикладных научных исследований» Санкт-Петербург, 2016. - С.101-104.

[9] Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Шаумаров С.С. Теоретические аспекты структурно-имитационного моделирования макроструктуры композиционных строительных материалов // Нучно-технический вестник Брянского государственного университета. - Брянск. 2018. - №3. - С.312-320.

[10] Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М., А.И., Шаумаров С.С. Прогнозирование эффективности введения минеральных наполнителей в цементные композиты // Нучно-технический вестник Брянского государственного университета. - Брянск. 2019. - №1. - С.105-112.

[11] Адылходжаев А.И., Махаматалиев И.М., Цой В.М. Некоторые аспекты структурообразования минеральных вяжущих веществ и способы их исследования // Проблемы механики. - Ташкент. 2015. - №2. - С.43-48. (05.00.00. № 6)

[12] Махаматалиев И.М. О совершенствовании методологических аспектов полиструктурной теории композиционных строительных материалов // Вестник ТашИИТа. - Ташкент. 2015. - №2. - С.106-110. (05.00.00. №11).

[13] Тахиров М.К. Адылходжаев А.И., Тахиров М.К., Самигов Н.А. О полиструктурной теории композиционных строительных материалов // Сб. науч. трудов ТАСИ. - Ташкент, 2008. - С 10-16.

[14] Шангина Н.Н. Прогнозирование физико-механических характеристик с учетом донорно-акцепторных свойств поверхности наполнителей и заполнителей. Автореферат дис... докт. наук. СП., 1998. - 25 с.

[15] Ядыкина В.В. Повышение качества асфальто- и цементобетона из техногенного сырья с учетом состояния его поверхности. Автореферат дис... докт. наук. Б., 2004. - 25 с.

[16] Махаматалиев И.М. О бетонах нового поколения на основе эффективных минеральных добавок, тонкозернистых песков и гиперпластификаторов // Вестник ТашИИТа. - Ташкент. 2013. - №1/2. - С.24-27. (05.00.00. №11).

[17] Махаматалиев И.М. О совершенствовании методологических аспектов полиструктурной теории композиционных строительных материалов // Вестник ТашИИТа. - Ташкент. 2015. - №2. - С.106-110. (05.00.00. №11)

[18] Махаматалиев И.М. Композицион курилиш материалларининг полиструктурли назарияси асосидаги илмий тадқиқотларнинг методологик жиҳатлари ҳақида // ФерПИ илмий-техник журнали. - Фаргона. 2017. - №1. - 171-173 б. (05.00.00. №20)

[19] Касимов И.И. Модификацияланган битумлар асосидаги асфальтбетон ва том қопламаларининг структураси, ҳоссалари ва технологияси. Техника фанлари доктори (ДСс) диссертацияси автореферати. Тошкент-2019. 58 б.

[20] Карабаев А.М., Садиқов И.С., Буриев Ш.Ч. Оптически-микроскопический анализ минерального порошка из сланцевых горных пород Дорожное строительство и его инженерное обеспечение. III Международная научно-техническая конференция. Минск. БНТУ. 2022. с 68-72.

[21] Карабаев А.М., Буриев Ш.Х., Содиков И.С. Фаоллашган минерал кукунни асфальтбетонга таъсирини ўрганиш. Научно-практической конференции “Инновационные технологии в строительстве”. Ташкент. ТашИИТ, Выпуск 14. 2019. 49-51 б.

[22] Карабаев А.М., Каримбердиев Ф.Ш. Исследование шлаковой смеси и строительство экспериментального участка асфальтобетонного покрытия на его основе. Автомобильные и железные дороги Содружества Независимых Государств Межправительственного совета дорожников. Москва. 04. 2022(99) с.104-107.

[23] Содиков И.С., Бўриев Ш.Х., Карабаев А.М. Асфальтбетон қоришмаси ишлаб чиқаришда қўлланиладиган маҳаллий хом ашёлардан олинган минерал кукунларни донадорлик таркиби, зарралари ва тузилиш шаклини асфальтбетоннинг физик-механик хоссаларига таъсири. Халқаро илмий-техник анжуман тўплами. Жиззах. ЖизПИ. 2022. 615 б.

[24] Золотарев В.А. Дорожные битумные вяжущие и асфальтобетоны. Часть 2. Дорожные асфальтобетоны: учебник / В.А. Золотарев. - Харьков: ХНАДУ, 2016. - 204 с.

[25] Ефремов, С. В. Влияние температуры на долговечность в агрессивных средах асфальтобетонов на гранитном и известняковом щебне/ С. В. Ефремов // Вестник ХНАДУ. - 2017. - Вып. 79. - С. 123-128.

[26] Авабде Салим Диаб. Бетон на барханном песке с пластифицирующей добавкой: Автореферат дис... канд. техн. наук. СПИ, 1992. - 19 с.

Информация об авторах/ Information about the authors

Махаматалиев Иркин Мунинович Ташкентский государственный транспортный университет Доктор технических наук, профессор
Email: erkinmah@mail.ru
Tel.: +998908066545
<https://orcid.org/0009-0002-5945-2565>

Карабаев Абдужаббор Мелиевич Ташкентский государственный транспортный университет Кандидат технических наук, профессор
E-mail: ab.karabayev@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-9880-8547>



Авабде Салим Доктор PhD технических наук,
Диаб Университет JPU Сирия, Дамаск
E-mail: salimavabde@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-5317-2602>



V. Soy, N. Mukhammadiev, G. Malikov, G. Tianyu <i>Development of a fine-grained basalt fiber concrete composition for the carriageway structures of reinforced concrete highway bridges.</i>	56
Z. Kakharov, R. Ashimov <i>Energy analysis of concrete setting process.</i>	59
A. Nazibekov <i>Application of geopolymer concrete.</i>	62
Z. Sattorov, N. Madraimov <i>Experimental test methods for the properties of building materials based on class "f" and "c" ash from a thermal power plant</i>	65
I. Makhamataliev, A. Karabaev, S. Avabde <i>On the new classification of mineral fillers used in asphalt concrete technology.</i>	69
U. Turgunbaev, N. Sunnatillaeva <i>Preparation of polymer cement adhesive (PCA) by dry construction mixtures technology (DCT).</i>	76
S. Abdieva, U. Abdullaev <i>High quality composite concrete binders with improved performance.</i>	81
D. Abdullayeva, Sh. Sabirova <i>Study of the influence of the specific surface of river aggregate on the structure formation of non-autoclaved aerated concrete.</i>	85
V. Soy, D. Abdullayeva, G. Nuriddinova <i>Methodological basis for the use of additives for the production of complex modified cement binders.</i>	89
U. Abdullayev <i>Mechanical activation of limestone and study of its granulometric composition.</i>	94
J. Turgunbaeva, I. Makhamataliyev, I. Kuznetsova <i>Prospects for the use of artificial intelligence capabilities in the production of gypsum-concrete tongue-and-groove boards.</i>	99
A. Alinazarov, A. Tukhtabaev, S. Adasheva <i>Thermophysical properties of multicomponent building materials during heat and moisture treatment using solar energy.</i>	104
R. Narov, N. Rakhimova <i>The effect of a complex additive on the homogeneity of cast concrete.</i>	107