

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК РЕГЕНЕРАТОВ НА СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНО-МИНЕРАЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Канд. техн. наук, доцент **Н.С. Ковалев**
(Воронежский государственный аграрный
университет им. императора Петра I),
ст. преподаватель **Е.Н. Отарова**
(«ВОЕННЫЙ УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР»
Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»)
Конт. информация: NSKovalev@mail.ru;
ekaterina.otarova@mail.ru

Рассмотрен вопрос утилизации регенератов ионообменных смол с целью защиты окружающей среды и обеспечения работы очистных сооружений по очистке промышленных стоков в замкнутом цикле. Предлагается применение регенератов для регулирования свойств цементно-минеральных смесей из местных материалов при устройстве оснований дорожных одежд автомобильных дорог. Применение регенератов в цементно-минеральных смесях позволяет их утилизировать и уменьшить расход цемента на 1-2 %, что снизит стоимость строительства дорог.

Ключевые слова: утилизация регенератов, цементно-минеральные смеси для устройства оснований дорожных одежд.

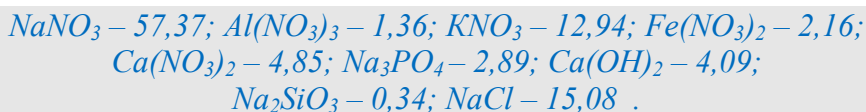
Актуальной является проблема использования в дорожном строительстве местных материалов и отходов промышленности. Снизить стоимости строительства автомобильных дорог можно путем замены дорогостоящих привозных местными материалами. Замена материалов не должна приводить к снижению долговечности покрытий и оснований автомобильных дорог. Только в таком аспекте применение местных материалов и отходов промышленности даст высокий экономический эффект, особенно при строительстве автомобильных дорог и подъездных путей к населенным пунктам в сельской местности.

Очистка кислотно-щелочных вод заключается в последовательном прохождении промышленных стоков через механический, катионитовый и анионитовый фильтры, где происходит соответственно освобождение от механических примесей, катионов и анионов. В процессе регенерации получают регенераты, утилизация которых представляет определенные трудности. Утилизация регенератов является одним из важнейших

направлений при решении проблемы создания замкнутых систем водоснабжения производств [1].

Авторами получены положительные результаты при использовании регенератов в качестве активирующей добавки в асфальтобетонные смеси [2-6] и для регулирования свойств цемента [7-10].

Для изучения влияния добавок регенератов на свойства цементно-минеральных смесей принят регенерат Воронежского завода горно-обогатительного оборудования состава (в масс. %):



Нормальную густоту и сроки схватывания определяли по ГОСТ 310.3-76* [11]. Результаты исследования приведены в **табл. 1**.

Добавки регенерата существенно сокращают сроки схватывания цемента. Влияние количества добавки на сроки схватывания при использовании одновалентных катионов можно объяснить тем, что катионы данных солей не вступают в реакции присоединения с клинкерными материалами и сохраняются в поровой жидкости. Находящиеся в жидкой фазе одновалентные катионы при разных концентрациях добавки влияют на растворимость клинкерных материалов цемента, степень пересыщения жидкой фазы, фазовый состав и стабильность продуктов новообразований [12]. Двухвалентные катионы азотной кислоты вступают с вяжущими веществами в реакции присоединения, принимают участие в формировании структуры цементного камня, осаждаются на продуктах гидратации в виде пленок [13].

Таблица 1

Сроки схватывания цементного теста с добавками регенератов при нормальной густоте

<i>Содержание регенерата в цементном тесте, %</i>	<i>Начало схватывания, ч.-мин.</i>	<i>Конец схватывания, ч.-мин.</i>	<i>Время твердения, ч.-мин.</i>
<i>0</i>	3-07	4-14	1-07
<i>1,5</i>	2,12	3,20	1,08
<i>3,0</i>	2,20	3,40	1,20

Для исследования цементно-минеральных смесей с целью использования их в конструктивных слоях дорожных одежд (при устройстве оснований) использовали известняки Кривоборьевского и песчаники Воробьевского карьеров Воронежской области. Выбор щебня этих карьеров в качестве минеральной части объясняется тем, что эти материалы наиболее характерны для областей Центрально-Черноземного региона и являются местными строительными материалами. Физико-механические свойства щебня приведены в табл. 2.

Таблица 2

Физико-механические свойства щебня

<i>Наименование показателей</i>	<i>Нормы по ГОСТ 8267-93</i>	<i>Фактические показатели щебня</i>	
		<i>Кривоборьевский карьер</i>	<i>Воробьевский карьер</i>
<i>Содержание пылевидных и глинистых частиц, % по массе, в том числе содержание глины в комках, % по массе</i>	<i>Не более 3</i>	12,5	12,3
	<i>Не более 2</i>	3,05	-
<i>Прочность: дробимость, потеря % по массе</i>	<i>М 300 24-28</i>	25,8	26,2
<i>Истираемость, потеря % по массе</i>	<i>И-IV 45-60</i>	51,6	64,5
<i>Плотность: насыпная, кг/м³</i>	-	1390	1520
<i>Морозостойкость, потеря массы после испытания, % (15 циклов)</i>	<i>Не более 10</i>	45,9	32,1

На основании результатов испытания щебня можно сделать вывод, что материалы вследствие низкой прочности, недостаточной морозостойкости и высокого содержания пылеватых и глинистых частиц в естественном состоянии не пригодны для использования в конструктивных слоях дорожных одежд автомобильных дорог в соответствии с ГОСТ 8267-93 [14]. Их необходимо укреплять органическими или неорганическими вяжущими материалами.

Гранулометрические составы, используемые для приготовления цементно-минеральных смесей, согласно ГОСТ 23558-94 [15], приведены в **табл. 3**. При исследовании использовали цемент Белгородского цементного завода марки 400 [16].

Результаты испытаний цементно-минеральных смесей без введения регенератов представлены в **табл. 4**.

Анализ результатов (**табл. 4** и **рис. 1, 2**) позволяет сделать следующие выводы:

- *цементно-минеральные смеси на щебне Кривоборьевского карьера* при содержании цемента 6 % относятся к марке М10; при содержании цемента 9 % и более – к марке М20. По морозостойкости требованиям ГОСТ 23558-94 соответствуют смеси с содержанием цемента 10 % (марка М20);
- *цементно-минеральные смеси на щебне Воробьевского карьера* при содержании цемента 4 % соответствуют марке М10, при содержании 5 % цемента – марке М20, при содержании цемента 8 % – марке М40, при содержании цемента 12 % – марке М60. По морозостойкости цементно-минеральные смеси соответствуют марке М40 при содержании цемента 10 % и более, а марке М60 – при содержании цемента 12 % и более.

Таким образом, цементно-минеральные смеси можно использовать для устройства переходных типов покрытий (М40 при содержании цемента 10 %), а также верхних и нижних слоев оснований дорожных одежд на облегченных типах покрытий (марки М10, М20, М40 при содержании цемента соответственно 6 – 9 – 10 %) на дорогах 4 и 5-ой технических категорий [12].

В **табл. 5** и **рис. 3-5** приведены результаты испытаний цементно-минеральных смесей с добавкой регенерата.

Таблица 3

Гранулометрические составы щебня для приготовления цементно-минеральных смесей

Состояние	Количество частиц мельче данного размера в мм, %										
	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,005	Мельче 0,005
<i>Щебень Кривоборьевского карьера</i>											
<i>Частные остатки, %</i>	0,0	10,2	24,9	18,0	23,1	7,0	6,8	4,8	3,6	0,7	0,9
<i>Полные остатки, %</i>	0,0	10,2	35,1	53,1	76,2	83,2	90,0	94,8	98,4	99,1	100
<i>Требования ГОСТ23558-94</i>	До 10	20-40	35-65	50-80	60-85	70-90	75-95	80-97	85-98	87-100	100
<i>Щебень Воробьевского карьера</i>											
<i>Частные остатки, %</i>	-	0,0	30,0	22,5	12,5	9,0	7,5	4,0	3,0	3,0	100
<i>Полные остатки, %</i>	-	0,0	30,0	52,5	65,0	74,0	81,5	85,5	88,5	91,5	100
<i>Требования ГОСТ 23558-94</i>	-	До 10	20-40	35-65	50-80	60-85	70-90	75-95	80-97	85-95	100

Таблица 4

Результаты испытаний цементно-минеральных смесей

<i>Щебень</i>	<i>Содержание цемента от массы щебня, %</i>	<i>Объемная масса, г/см³</i>	<i>Предел прочности при сжатии, МПа, в возрасте, сут.</i>		
			<i>7</i>	<i>28</i>	<i>90</i>
<i>Известняк Кривоборьевского карьера</i>	6	2,30	0,79	1,26	2,02
	7	2,32	1,02	1,47	2,39
	8	2,32	1,24	1,74	2,55
	9	2,32	1,56	2,08	2,89
	10	2,32	1,87	2,39	3,11
	12	2,32	2,19	3,05	3,68
<i>Песчаник Воробьевского карьера</i>	4	1,85	0,97	1,70	-
	5	1,85	1,62	2,37	3,04
	6	1,85	1,98	2,73	3,45
	7	1,86	2,68	3,77	4,30
	8	1,87	3,10	4,57	4,89
	9	1,87	3,27	4,62	4,93
	10	1,88	3,68	5,50	6,03
	12	1,88	4,52	7,07	7,65

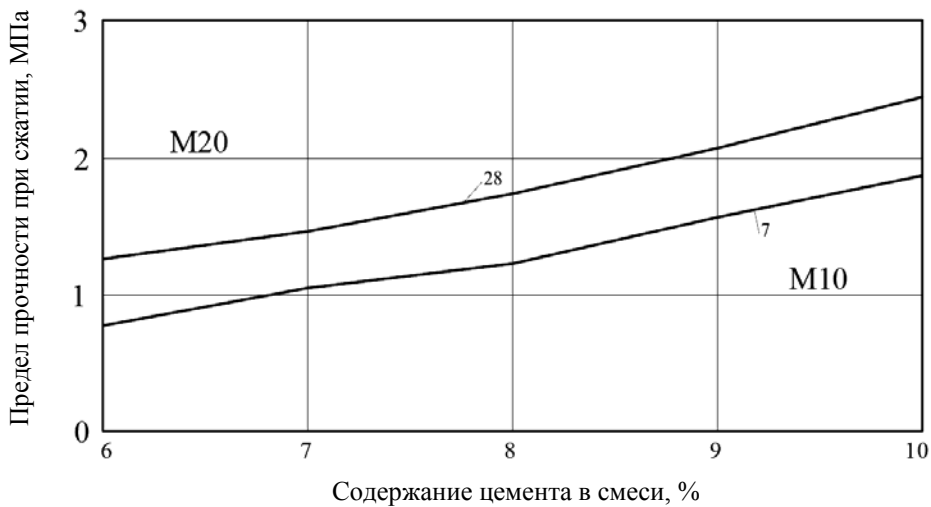


Рис. 1. Влияние содержания цемента на пределы прочности при сжатии цементно-минеральных смесей на щебне Кривоборьевского карьера
 (цифры на кривых – возраст опытных образцов; M10 и M20 – нижние границы марки цементно-минеральных смесей)

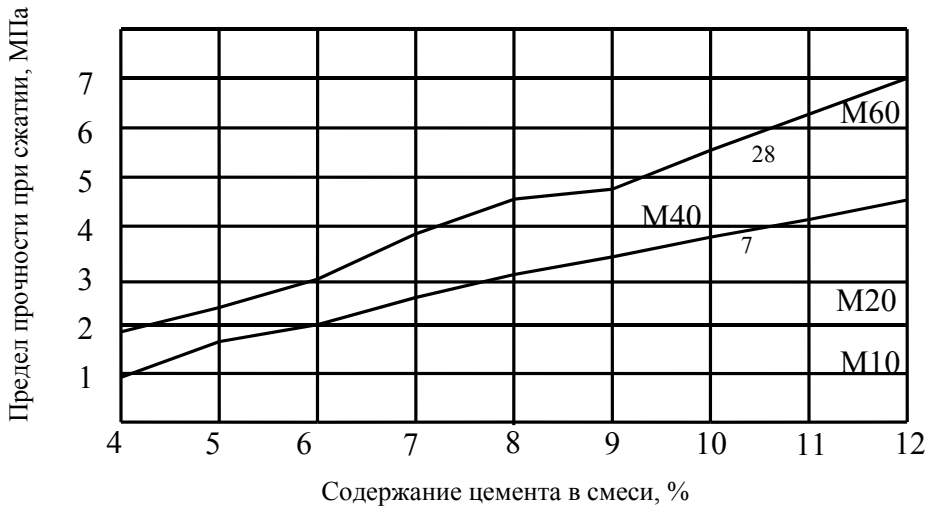


Рис. 2. Влияние содержания цемента на пределы прочности при сжатии цементно-минеральных смесей на щебне Воробьевского карьера
 (цифры на кривых – возраст опытных образцов; M10, M20, M40, M60 – нижние границы марки цементно-минеральных смесей)

Таблица 5

*Результаты испытаний цементно-минеральных
смесей с добавкой регенерата*

Щебень	Содержание, %		Объемная масса, г/см ³	Предел прочности при сжа- тии, МПа / % от предела ма- рочной прочности, в возрасте, сут.	
	цемента от массы щебня	регенерата от массы цемента		7	28
<i>Известняк Кривоборь- евского карьера Воро- нежской области</i>	6,0	0	2,30	0,79/63,2	1,25/100
	6,0	1,5	2,31	1,24/99,2	1,80/144,0
	7,0	0	2,32	1,02/69,3	1,47/100
	7,0	1,5	2,32	1,30/88,4	1,87/127,2
	8,0	0	2,31	1,24/71,3	1,74/100
	8,0	1,5	2,32	1,49/85,6	2,00/114,4
	9,0	0	2,32	1,56/75,0	2,08/100
	9,0	1,5	2,32	1,63/78,4	2,24/107,7
	10,0	0	2,32	1,87/78,2	2,39/100
	1,5	2,32	2,00/83,7	2,52/105,4	
<i>Песчаник Воробьевского карьера Воронежской области</i>	4,0	0	1,85	0,97/57,1	1,70/100
	4,0	0,75	1,85	1,31/77,1	2,05/120,6
	4,0	1,5	1,85	1,55/91,18	2,10/123,53
	4,0	2,25	1,85	1,44/84,7	2,10/123,5
	4,0	3,0	1,85	1,08/63,5	1,78/104,7
	5,5	0	1,86	1,69/68,1	2,48/100
	5,5	0,75	1,86	2,23/89,9	3,09/124,6
	5,5	1,5	1,86	2,38/96,0	3,22/129,8
	5,5	2,25	1,86	2,26/91,1	3,16/127,4
	5,5	3,0	1,86	2,01/81,1	2,88/116,1
	7,0	0	1,86	2,63/69,8	3,77/100
	7,0	0,75	1,86	3,17/84,1	4,06/108,0
	7,0	1,5	1,87	3,32/88,1	4,26/113,0
	7,0	2,25	1,87	3,21/85,1	4,23/112,2
	7,0	3,0	1,87	2,70/71,6	3,99/105,8
	8,5	0	1,87	3,18/69,3	4,59/100
	8,5	0,75	1,87	3,48/75,8	5,04/109,8
	8,5	1,5	1,87	3,54/77,1	5,31/115,7
	8,5	2,25	1,87	3,50/76,3	5,31/115,7
	8,5	3,0	1,87	3,20/69,7	5,10/111,1
	10,0	0	1,88	3,68/66,9	5,50/100
	10,0	0,75	1,88	4,24/77,1	6,10/110,9
	10,0	1,5	1,88	4,31/78,4	6,36/115,6
10,0	2,25	1,88	4,28/77,8	6,40/116,4	
10,0	3,0	1,89	4,01/72,9	6,22/113,1	

Примечание: В числителе – предел прочности при сжатии, в знаменателе – процент от предела марочной прочности при сжатии образцов без добавки регенерата в возрасте 28 сут.

Предел прочности при сжатии, МПа

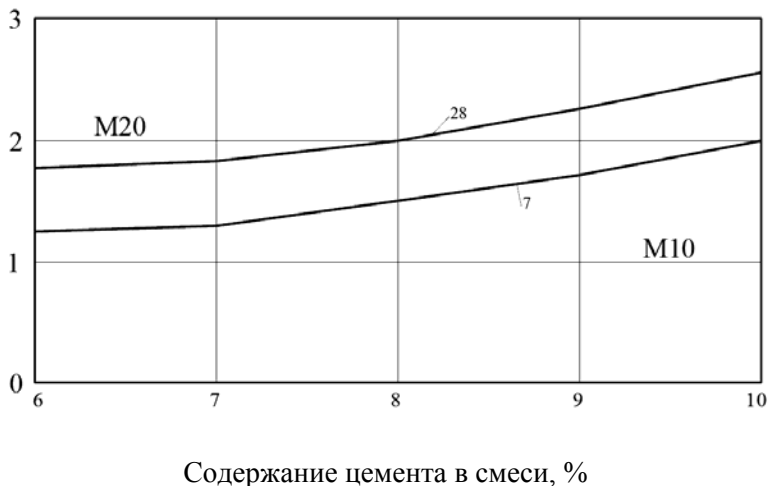


Рис. 3. Влияние содержания цемента и добавки регенерата на пределы прочности при сжатии цементно-минеральных смесей на щебне Кривоборьевского карьера с добавкой 1,5 % регенерата (цифры на кривых – возраст опытных образцов; M10 и M20 – нижние границы марки цементно-минеральных смесей)

Предел прочности при сжатии, МПа

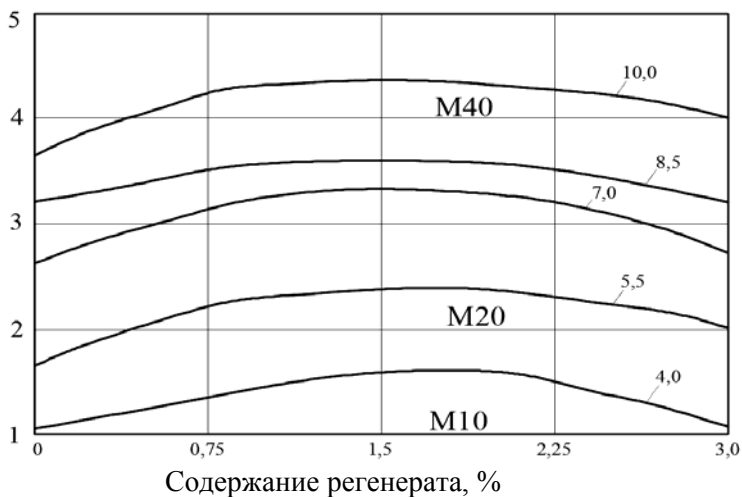


Рис. 4. Влияние содержания регенерата и цемента на пределы прочности при сжатии образцов цементно-минеральной смеси на щебне Воробьевского карьера в возрасте 7 сут. (цифры на кривых – содержание регенерата, %; M10, M20, M40 – нижние границы марки цементно-минеральных смесей)

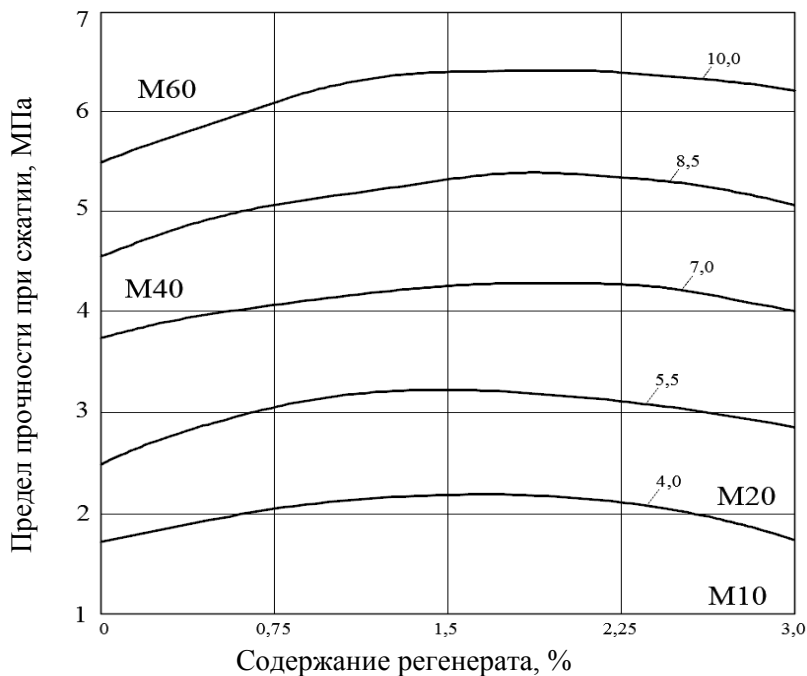


Рис. 5. Влияние содержания регенерата и цемента на пределы прочности при сжатии образцов цементно-минеральной смеси на щебне Воробьевского карьера в возрасте 28 сут.
(цифры на кривых – содержание цемента, %; М10, М20, М40, М60 – нижние границы марки цементно-минеральных смесей)

Анализ результатов (табл. 5 и рис. 3-5) позволяет сделать следующие выводы [12]:

- добавки регенерата в количестве 1,5 % существенно повышают пределы прочности при сжатии цементно-минеральных смесей: на щебне Кривоборьевского карьера – на 5-44 %; на щебне Воробьевского карьера – на 15-30 %;
- оптимальное содержание добавки регенерата на щебне Воробьевского карьера составляет 1,5-2,25 %, на щебне Кривоборьевского карьера – 1,5 %;
- цементно-минеральные смеси на щебне Кривоборьевского карьера при содержании цемента 6 % относятся к марке М10, при содержании цемента 8 % и более – к марке М20.

По морозостойкости требованиям ГОСТ 23558-94 соответствуют смеси с содержанием цемента 9 % (марка М20). Для достижения марки М20 требуется на 1 % цемента меньше, чем без добавки регенерата; це-

ментно-минеральные смеси на щебне Воробьевского карьера при содержании цемента 4 % без добавки регенерата соответствуют марке М10, при добавке регенерата в количестве 0,75 % и том же содержании цемента – 4 % смесь соответствует уже марке М20; при содержании 7 % цемента без добавки регенерата – марке М20, а при добавке регенерата в количестве 0,75 % и том же содержании цемента – 7 % смесь соответствует уже марке М40; при содержании цемента 10 % – марке М40, а при добавке регенерата в количестве 0,75 % и том же содержании цемента – 10 % смесь соответствует уже марке М60. По морозостойкости цементно-минеральные смеси с добавкой регенерата в количестве 0,75 % соответствуют марке М40 при содержании цемента 7 % и более, а марке М60 – при содержании цемента 10 % и более.

ВЫВОДЫ

1. Использование регенерата, образовавшегося при работе очистных сооружений по очистке промышленных стоков, способствует снижению доли используемого цемента на 1-2 % в цементно-минеральных смесях при строительстве автомобильных дорог и способствует решению проблемы утилизации отходов.
2. Цементно-минеральные смеси с добавками регенератов в количестве 0,75 % на основе щебня Кривоборьевского карьера можно использовать для устройства верхних и нижних слоев оснований дорожных одежд с облегченными типами покрытий (М20 при содержании цемента 9 %).
3. Цементно-минеральные смеси на основе щебня Воробьевского карьера можно использовать при строительстве верхних и нижних слоев оснований всех типов покрытий, согласно марке материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Войтович В.Б. Пути утилизации регенератов ионообменных смол / В.Б. Войтович, Д.Р. Измайлова, Д.Д. Калинин [и др.] // Водоснабжение и санитарная техника. – 1983. – № 10. – С. 22-23.*
2. *А. с. 608820 СССР, М.Кл². С 08L 95/00. Асфальтобетонная смесь / Г.А. Расстегаева, С.И. Самодуров, Н.С. Ковалев, Б.Ф. Соколов и*

- А.А. Кокарев (СССР). – № 2428418/29-33; заявл. 13.12.76; опубл. 30.05.78. – Бюл. № 20. – 2 с.
3. А. с. 614123 СССР, М.Кл². С 08 L 95/00. Асфальтобетонная смесь / С.И. Самодуров, Г.А. Расстегаева, Б.Ф. Соколов, Н.С. Ковалев и С.М. Маслов (СССР). – № 2425400/29-33; заявл. 01.12.76; опубл. 05.07.78. – Бюл. № 25. – 2 с.
 4. Ковалев Н.С. Асфальтобетонные смеси, активированные гидроокисями / Н.С. Ковалев, Е.Н. Отарова // Актуальные проблемы землеустройства и кадастров на современном этапе: материалы IV Международной научно-практической конференции; 3 марта 2017 г. – Пенза: ПГУАС, 2017. – С. 116-121.
 5. Ковалев Н.С. Использование гидроокисей (шламов) гальванических производств при строительстве и ремонте автомобильных дорог / Н.С. Ковалев, Е.Н. Отарова // Дороги и мосты. – 2017. – № 38/2. – С. 252-267.
 6. Ковалев Н.С. Модифицированный минеральный порошок шламами гальванических производств / Н.С. Ковалев, Е.Н. Отарова // Модели и технологии природообустройства (Региональный аспект). – 2017. – № 4. – С. 67-72.
 7. Ковалев Н.С. Применение регенератов ионообменных смол для регулирования сроков схватывания цемента / Н.С. Ковалев // Научный вестник. Серия: Дорожно-транспортное строительство. – Воронеж, 2003. – Вып. 1. – С. 64-66.
 8. Ковалев Н.С. Улучшение свойств асфальтобетона и противогололедных асфальтобетонных покрытий: монография / Н.С. Ковалев. – Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2017. – 182 с.
 9. Ковалев Н.С. Утилизация регенератов сточных вод с целью улучшения экологии водных ресурсов / Н.С. Ковалев, Е.Н. Отарова // Актуальные проблемы землеустройства и кадастров на современном этапе: материалы III Международной научно-практической конференции; 4 марта 2016 г. – Пенза: ПГУАС, 2016. – С. 121-124.
 10. Ковалев Н.С. Утилизация регенератов ионообменных смол при строительстве оснований дорожных одежд / Н.С. Ковалев, Е.Н. Отарова // Приоритетные векторы развития промышленности и сельского хозяйства: материалы I международной научно-практической конференции; 26 апреля 2018 г. – Т. III. – Макеевка: ГОУ ВПО «Донбасская аграрная академия», 2018. – С. 117-122.
 11. ГОСТ 310.3-76*. Цементы. Методы определения нормальной густоты, сроков схватывания и равномерности изменения объема. – Электрон. данные. – URL:

- <https://meganorm.ru/Index2/1/4294853/4294853168.htm> (дата обращения: 26.10.2018).
12. Пащенко А.А. Влияние солей хлоридов на кинетику твердения портландцемента / А.А. Пащенко, В.В. Чистяков, Ю.М. Дорошенко // Известия вузов: Строительство и архитектура. – 1978. – № 7. – С. 76-79.
 13. Ратинов В.Б. Добавки в бетон / В.Б. Ратинов. – М.: Стройиздат, 1989. – 188 с.
 14. ГОСТ 8267-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. – М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2018. – 11 с.
 15. ГОСТ 23558-94. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства. – М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2005. – 7 с.
 16. ГОСТ 310.4-81. Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии. – Электрон. данные. – URL:<http://internet-law.ru/gosts/gost/13713/> (дата обращения: 26.10.2018).

L I T E R A T U R A

1. Vojtovich V.B. Puti utilizacii regeneratov ionoobmennyyh smol / V.B. Vojtovich, D.R. Izmajlova, D.D. Kalinnikov [i dr.] // Vodosnabzhenie i sanitarnaja tehnika. – 1983. – # 10. – S. 22-23.
2. A. s. 608820 SSSR, M.K12. S 08L 95/00. Asfal'tobetonnaja smes' / G.A. Rasstegaeva, S.I. Samodurov, N.S. Kovalev, B.F. Sokolov i A.A. Kokarev (SSSR). – # 2428418/29-33; zajavl. 13.12.76; opubl. 30.05.78. – Bjul. # 20. – 2 s.
3. A. s. 614123 SSSR, M.K12. S 08 L 95/00. Asfal'tobetonnaja smes' / S.I. Samodurov, G.A. Rasstegaeva, B.F. Sokolov, N.S. Kovalev i S.M. Maslov (SSSR). – # 2425400/29-33; zajavl. 01.12.76; opubl. 05.07.78. – Bjul. # 25. – 2 s.
4. Kovalev N.S. Asfal'tobetonnye smesi, aktivirovannye gidrookisjami / N.S. Kovalev, E.N. Otarova // Aktual'nye problemy zemleustrojstva i kadaстров na sovremennom jetape: materialy IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii; 3 marta 2017 g. – Penza: PGUAS, 2017. – S. 116-121.
5. Kovalev N.S. Ispol'zovanie gidrookisej (shlamov) gal'vanicheskikh proizvodstv pri stroitel'stve i remonte avtomobil'nyh dorog / N.S. Kovalev, E.N. Otarova // Dorogi i mosty. – 2017. – # 38/2. – S. 252-267.

6. Kovalev N.S. *Modificirovannyj mineral'nyj poroshok shlamami gal'vanicheskikh proizvodstv* / N.S. Kovalev, E.N. Otarova // *Modeli i tehnologii prirodoobustrojstva (Regional'nyj aspekt)*. – 2017. – # 4. – S. 67-72.
7. Kovalev N.S. *Primenenie regeneratov ionoobmennyh smol dlja regulirovanija srokov shvatyvanija cementa* / N.S. Kovalev // *Nauchnyj vestnik. Serija: Dorozhno-transportnoe stroitel'stvo*. – Voronezh, 2003. – Vyp. 1. – S. 64-66.
8. Kovalev N.S. *Uluchshenie svojstv asfal'tobetona i protivogolelednyh asfal'tobetonnyh pokrytij: monografija* / N.S. Kovalev. – Voronezh: FGBOU VO Voronezhskij GAU, 2017. – 182 s.
9. Kovalev N.S. *Utilizacija regeneratov stochnyh vod s cel'ju uluchshenija jekologii vodnyh resursov* / N.S. Kovalev, E.N. Otarova // *Aktual'nye problemy zemleustrojstva i kadaстров na sovremennom jetape: materialy III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii; 4 marta 2016 g.* – Penza: PGUAS, 2016. – S. 121-124.
10. Kovalev N.S. *Utilizacija regeneratov ionoobmennyh smol pri stroitel'stve osnovanij dorozhnyh odezhd* / N.S. Kovalev, E.N. Otarova // *Prioritetnye vektory razvitija promyshlennosti i sel'skogo hozjajstva: materialy I mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii; 26 aprelja 2018 g.* – T. III. – Makeevka: GOU VPO «Donbasskaja agrarnaja akademija», 2018. – S. 117-122.
11. GOST 310.3-76*. *Cementy. Metody opredelenija normal'noj gustoty, srokov shvatyvanija i ravnomernosti izmenenija ob"ema*. – *Jelektron. dannye*. – URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4294853/4294853168.htm> (data obrashhenija: 26.10.2018).
12. Pashhenko A.A. *Vlijanie solej hloridov na kinetiku tverdenija portlandcementsa* / A.A. Pashhenko, V.V. Chistjakov, Ju.M. Doroshenko // *Izvestija vuzov: Stroitel'stvo i arhitektura*. – 1978. – # 7. – S. 76-79.
13. Ratinov V.B. *Dobavki v beton* / V.B. Ratinov. – M.: Strojizdat, 1989. – 188 s.
14. GOST 8267-93. *Shheben' i gravij iz plotnyh gornyh porod dlja stroitel'nyh rabot. Tehnicheskie uslovija*. – M.: FGUP «STANDARTINFORM», 2018. – 11 s.
15. GOST 23558-94. *Smesi shhebenochno-gravijno-peschanye i grunty, obrabotannye neorganicheskimij vjazhushhimi, dlja dorozhnogo i ajerodromnogo stroitel'stva*. – M.: FGUP «STANDARTINFORM», 2005. – 7 s.
16. GOST 310.4-81. *Cementy. Metody opredelenija predela prochnosti pri izgibe i szhatii*. – *Jelektron. dannye*. – URL: <http://internet-law.ru/gosts/gost/13713/> (data obrashhenija: 26.10.2018).

**RESEARCH OF INFLUENCE OF REGENERATES ADDITIVES
ON PROPERTIES OF CEMENT AND MINERAL MIXES**

*Ph. D. (Tech), Associate Professor N.S. Kovalev
(Voronezh State Agricultural University
named after Emperor Peter the Great),
Senior Lecturer E.N. Otarova
(Military Educational and Scientific Center
of the Air Force «N. E. Zhukovsky and
Y.A. Gagarin Air Force Academy»)
Contact information: NSKovalev@mail.ru;
ekaterina.otarova@mail.ru*

The issue of utilization of regenerates of ion-exchange pitches for the purpose of environment protection and ensuring work of treatment facilities for sewage treatment in the closed cycle is considered. The application of regenerates for regulation of properties of cement and mineral mixes from local materials when constructing road pavement bases is offered. The use of regenerates in cement and mineral mixes allows to utilize them and to reduce cement consumption on 1-2 % that will decrease road construction costs.

Key words: *utilization of regenerates, cement and mineral mixes for constructing road pavement bases.*

Рецензент: канд. техн. наук А.В. Бобков (ФАУ «РОСДОРНИИ»).
Статья поступила в редакцию: 30.05.2018 г.