

ings and underground constructions in engineering practice]. Omsk. 2013. 422 p.

5. Kraev A.N., Permitina T.V. Opredelenie soderzhanija nezamerzshoj vody v mjorzlyh gruntah na primere sushhestvujushhej avtomobil'noj dorogi, raspolozhennoj v JaNAO [Definition of the content of neza-merzshy water in frozen soil on the example of the existing highway located in Yamalo-Nenets Autonomous Area]. *Sb. materialov XIV nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uchenyh, aspirantov i soiskatelej 27.11.2014*. Tjumen'. 2015. pp 51-56.

6. SP 22.13330.2011. Osnovaniya zdaniy i sooruzhenij [SP 22.13330.2011. Foundations of buildings and constructions. The staticized edition Construction Norms and Regulations 2.02.01-83]. Moscow, 2010, 161 p.

7. SNiP 2.02.03-85*. Svajnye fundamenty. Normy proektirovaniya [Construction Norms and Regulations 2.02.03-85*. Pile bases. Norms design]. Moscow, 2000, 74 p.

8. SP 24.13330.2011. Svajnye fundamenty. Aktualizirovannaja redakcija SNiP 2.02.03-85 [SP 24.13330.2011. Pile bases. The staticized edition Construction Norms and Regulations 2.02.03-85]. Moscow, 2010, 86 p.

9. Ul'rih S.S., Puskov V.I. *Sezonnoe promerzanie gruntov i ih vzaimodejstvie s fundamentami zdaniy* [Seasonal frost penetration in soil and their interaction with the bases of buildings]. Krasnojarsk. 1965. 166 p.

10. *Predlozhenija po snizheniju glubiny promerzaniya gruntov rezervov i razrabotke merzlyh gruntov pri zimnih zemljanyh rabotah* [Offers on decrease in depth of frost penetration in soil of reserves and development of frozen soil at winter earthwork]. Moscow. 1970. 23 p.

11. Tishkov E.V., Ivasjuk I.M. Analiz reshenij fundamentov antennyh sooruzhenij svjazi [Analysis of solutions of the bases of antenna constructions of communication]. *Sb. Nauchnye trudy Obshhestva zhelezobetonshhikov Sibiri i Urala*. Vyp.10, Novosibirsk, 2010. pp. 40-44.

12. SP 63.13330.2012. Betonnye i zhelezobetonnye konstrukcii. Osnovnye polozhenija [SP 63.13330.2012. Concrete and ferroconcrete designs. Basic provisions. The staticized edition Construction Norms and Regulations 52-01-2003] Moscow, 2011. 156 p.

УДК 691.542:53

САПРОПЕЛЕВЫЕ МОДИФИКАТОРЫ ЦЕМЕНТНОГО ВЯЖУЩЕГО

В.А. Хомич¹, О.И. Кривонос²

¹ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Омск, Россия;

²Институт проблем переработки углеводородов СО РАН, Омск, Россия.

Аннотация. Представлены результаты изучения процесса получения активных минеральных добавок из сапропелевого сырья путем его сжигания при 850...900 °С и последующего измельчения. Изучены свойства цементного камня с добавками зол сапропелей и механизм их действия. Введение зол, совместно с пластификатором Glenium, в цементы ПЦ 400 и ПЦ 500 Д0 приводит к увеличению прочности цементного камня и значительно снижает его водопоглощение. Добавка золы оказывает на

Тишков Евгений Владимирович (Россия, Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедр «Недвижимость и строительный бизнес», «Строительная механика и геотехнологии» ФГБОУ ВПО СибАДИ (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: evgen2713@mail.ru).

Пономаренко Юрий Евгеньевич (Россия, Омск) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Строительная механика и геотехнологии» ФГБОУ ВПО СибАДИ (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: nis@sibadi.org).

Роскошный Станислав Сергеевич (Россия, Омск) – инженер-эксперт Омского областного отделения общероссийского общественного фонда «Центр качества строительства» (644099, г. Омск, у. К. Либкнехта, 33, e-mail: 89039263767@yandex.ru).

Мосин Максим Владимирович (Россия, Омск) – аспирант кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВПО СибАДИ (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: maksim.mosin@mail.ru).

Evgeniy V. Tishkov (Russian Federation, Omsk) – candidate technical sciences, Ass. Professor, Department of Real Estate and Construction Business, Building Mechanics and Geotechnologys, of The Siberian Automobile and Highway Academy (644080, Mira, 5, Omsk, e-mail: evgen2713@mail.ru).

Yuriy E. Ponomarenko (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor, Department of Building Mechanics and Geotechnologys, of The Siberian Automobile and Highway Academy (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, e-mail: nis@sibadi.org).

Stanislav S. Roskosnnyy (Russian Federation, Omsk) – engineer expert of Omsk regional office of the all-Russian public fund "Center of Quality of Construction" (644099, K. Libknexta av., 33, Omsk, e-mail: 89039263767@yandex.ru).

Maxim V. Mosin (Russian Federation, Omsk) – post-graduate student, Department of Building Constructions, of The Siberian Automobile and Highway Academy (644080, Mira, 5 prospect, Omsk, 5, e-mail: maksim.mosin@mail.ru).

цементное вяжущее пуццолановое действие; а за счет содержащихся в ней алюмокремнезелей, вызывает образование стабильных форм алюминатов кальция.

Ключевые слова: активная минеральная добавка, сапропель, зола, цементное вяжущее, цементный камень.

Введение

Сапропель относится к возобновляемым природным ресурсам, что позволяет рассматривать его добычу, переработку и использование в долгосрочной перспективе. В России количество водоемов, богатых сапропелем велико. Ежегодный прирост сапропеля для озера средней величины составляет 500...1000 тонн. В основном озера богатые сапропелем находятся в Центральной части России и на территории Западной Сибири, причем 75 % разведанных запасов сапропеля Западной Сибири сосредоточено в Омской области: учтено более двухсот озер, общее количество сырья в которых составляет 180 млн т. Основное месторождение, имеющее промышленное освоение, расположено в Тюкалинском районе (озеро Пучай). Ежегодная добыча сапропеля составляет до 20 тыс. тонн в год [1].

Для реализации направления рационального использования этого уникального природного сырья необходима разработка комплексного подхода к его переработке с максимально широким спектром получаемых продуктов. К настоящему времени предложены различные варианты переработки сапропелей, направленные преимущественно на извлечение биологической и органической составляющих, а также на получение твердых углеродных материалов [2].

Минеральная компонента сапропелей образована остатками диатомовых водорослей. Известно, что природными активными минеральными добавками в цемент являются диатомовые породы, сформированные из отмерших диатомовых водорослей за миллионы лет и содержащие аморфный кремнезем, способный связывать известь цемента в

низкоосновные гидросиликаты кальция (пуццолановая реакция) [3].

Генезис минеральной компоненты сапропелей предопределяет ее активность в пуццолановых реакциях. Обжиг сапропелей приводит к получению продукта – золы, которая содержит только минеральные вещества, так как органическая составляющая выгорает. Поэтому золы сапропелей испытаны в качестве активной минеральной добавки к портландцементу [4,5]. Сырьем для производства добавки путем озоления могут выступать твердые остатки – побочные продукты химической (экстракция жидкими и сверхкритическими растворителями) и термохимической (деструктивная гидрогенизация, ожижение) переработок сапропелей.

Целью исследования является научное обоснование возможности и перспективы использования зол сапропелей в качестве активных минеральных добавок в цемент.

Изучение процесса получения активных минеральных добавок из сапропелевого сырья

В задачи данного этапа исследования входило изучение морфологического и химического состава минеральной компоненты сапропелей, изучение термического превращения сапропелевого сырья, определение активных компонентов зол сапропелей, способных участвовать в пуццолановой реакции, а также установление пуццолановой активности зол.

Методом сканирующей электронной микроскопии (SEM) с энергодисперсионной спектроскопией (EDS) на микроскопе марки JSM-6610 LV «JEOL» изучен микрорельеф поверхности сапропелей, рис. 1.

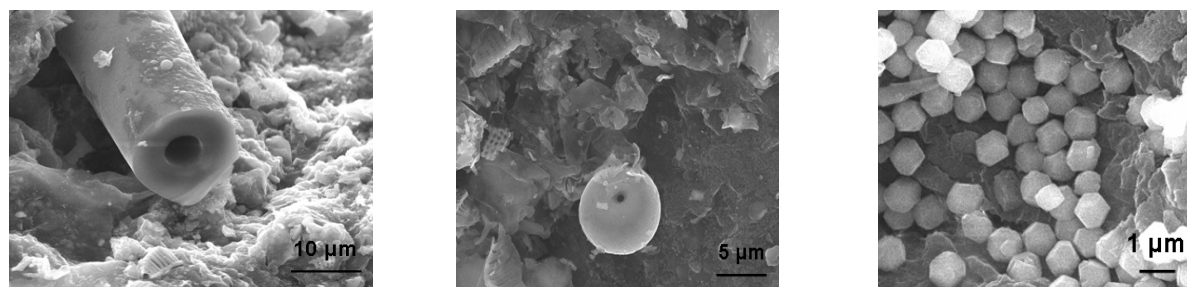


Рис. 1. Электронно-микроскопические фотографии минеральных компонентов сапропеля озера Горчаковское

Минеральная составляющая сапропелей представляет собой неоднородную смесь, которая включает в себя остатки диатомовых водорослей (аморфная форма кремнезема), алюмосиликаты, кварц (кристаллическая форма кремнезема), карбонаты и другие соли металлов. Кремниевая составляющая представлена в нескольких формаобразованиях: в виде трубок, с внешним диаметром 20 мкм и диаметром отверстия 5...7 мкм; в виде шарообразных включений размером 20...25 мкм. Большое количество остатков диатомовых водорослей с размером отверстий от 30...50

м до 1...3 мкм. Железосодержащая компонента представлена либо в рассеянном виде, либо в виде комплексного скопления частиц пирита в форме «шара».

Распределение активных минеральных компонентов на поверхности сапропеля исследовали с помощью картирования, рисунок 2. Основная доля приходится на кремнийсодержащие компоненты, о чем свидетельствует интенсивность окрашивания исследуемого поля. Более локально распределены соединения, содержащие алюминий и калий.

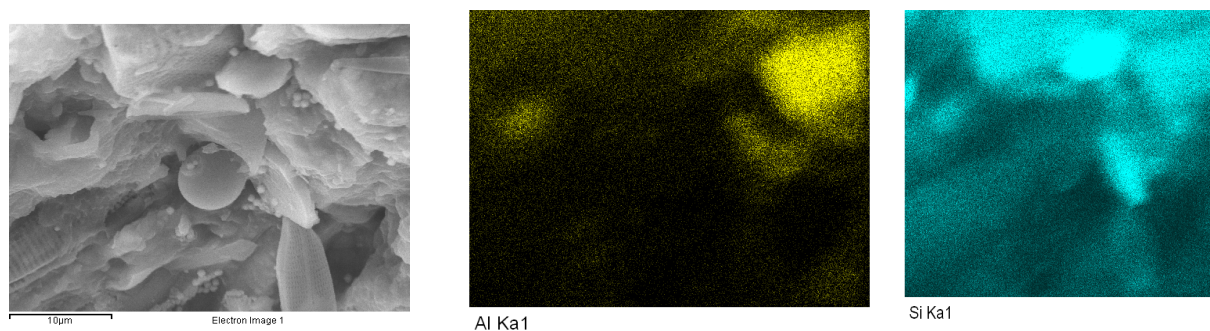


Рис. 2. Карты распределения активных минералообразующих компонентов на поверхности сапропеля озера Горчаковское

Таким образом, генезис минеральной компоненты предопределяет содержание в ней кремнезема в аморфной растворимой форме. Аморфный кремнезем SiO_2 входит в состав активных минеральных (пуццолановых) добавок к цементу [6]. Кроме кремнезема, компонентами, участвующими в пуццолановой реакции, являются алюмокремнегели ($n\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot m\text{SiO}_2$). Образование алюмокремнегелей происходит при обжиге сапропелевого сырья, в результате разложения глинистых минералов [7].

Исследования термического превращения сапропелей проводили с использованием термогравиметрического метода на анализаторе DTG-60 фирмы Shimadzu и рентгенофазового анализа. На кривых ДТА сапропелей озера Пучай регистрируются экзотермические эффекты при 305...315 и 490...500°C, а также в интервале температур 655...815 °C, отвечающие за распад, окисление и карбонизацию органических веществ. Слабо выраженный эндотермический эффект при 540...560 °C вызван потерей алюмосиликатами гидроксильных групп. При температуре 875...885 °C регистрируется эндотермический эффект, не сопровождающийся выраженной потерей массы. Он связан с разрушением структуры слюды (мусковита) и с образованием расплава за счет алюмокремнегелей [7].

Рентгенографические исследования проводили на порошковом дифрактометре D8 Advance (Bruker) в $\text{CuK}\alpha$ – излучении. В сапропелях озера Пучай содержатся фазы кремнезема SiO_2 , альбита $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$, мусковита $\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ и гидросиликата $\text{H}_{10}\text{Si}_{10}\text{O}_{15}$. После сжигания сапропеля исчезают фазы мусковита и гидросиликата. В золе образуются дополнительные фазы Fe_2O_3 и $\text{Na}(\text{AlSi}_2\text{O}_6)$.

Из проведенных исследований следует, что при обжиге сапропелевого сырья удаляются органические вещества; происходит дегидратация глинистых минералов, разрушается их структура с образованием алюмокремнегелей. Это приводит к возрастанию реакционной способности аморфной составляющей материала. Однако при более длительном обжиге реакционная активность зол должна снижаться из-за образования большего количества новых кристаллических фаз, в которые переходят аморфные компоненты.

Пуццолановые свойства зол возникают при температуре обжига сырья, которая превышает как температуру удаления органических соединений, так и температуры дегидратации и разложения глинистых минералов. Режим термической обработки оказывает существенное влияние на активность зол. Дли-

тельность обжига зависит от типа сапропеля, природы и состава сапропелевого сырья.

Золы сапропелей получали сжиганием при 850...900 °С с последующим их измельчением. Количественный анализ зол проводили на атомно-эмиссионном спектрометре

Varian 710-ES «Agilent Technologies» (Ca, Mg, Fe, Al) и на атомно-абсорбционном спектрометре AA-6300 «Shimadzu» (Na, K); кремнезем определяли гравиметрическим методом, ГОСТ 2642.3-97, таблица 1.

Таблица 1 – Химический состав зол сапропелей, %

Месторождение	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MgO
Пучай	67,72	14,54	5,74	3,37	1,17	2,23	2,33
Жилой Рям	67,30	12,03	5,91	2,67	1,37	2,45	1,92
Горькое	63,40	7,08	3,79	8,82	2,41	1,76	5,55
Горчаковское	56,59	13,92	6,69	7,11	2,17	2,30	9,32

Реакционная способность аморфной составляющей зол оценивалась по пуццолановой активности. Пуццолановая активность, в %, определялась по методике Бута Ю.М. и Тимашева В.В. и составила для зол сапропелей озера: Пучай – 47, Жилой Рям – 46, Молоковское – 34.

Изучение свойств цементного камня с добавками зол сапропелей

Эффективность пуццоланового действия зол оценивалась по их влиянию на прочностные свойства затвердевшего цемента (ГОСТ 5802-86). Цементные смеси готовили из портландцементов ПЦ 400 и ПЦ 500Д0 Топкинско-

го цементного завода. Для снижения водопотребности использовали пластификатор Glenium 115 компании «BASF Строительные системы». Результаты исследования прочностных показателей цементного камня на основе ПЦ 400 (после 28 суток приводного твердения при 20 ± 5 °С) показывают, что золы сапропелей озера Пучай и Жилой Рям (в количестве 8...10 % от массы цемента) совместно с пластификатором вызывают повышение прочности на 42...56 %. Характеристики цементного камня на основе портландцемента ПЦ 500Д0 приведены на рисунке 3 и сведены в таблице 2.

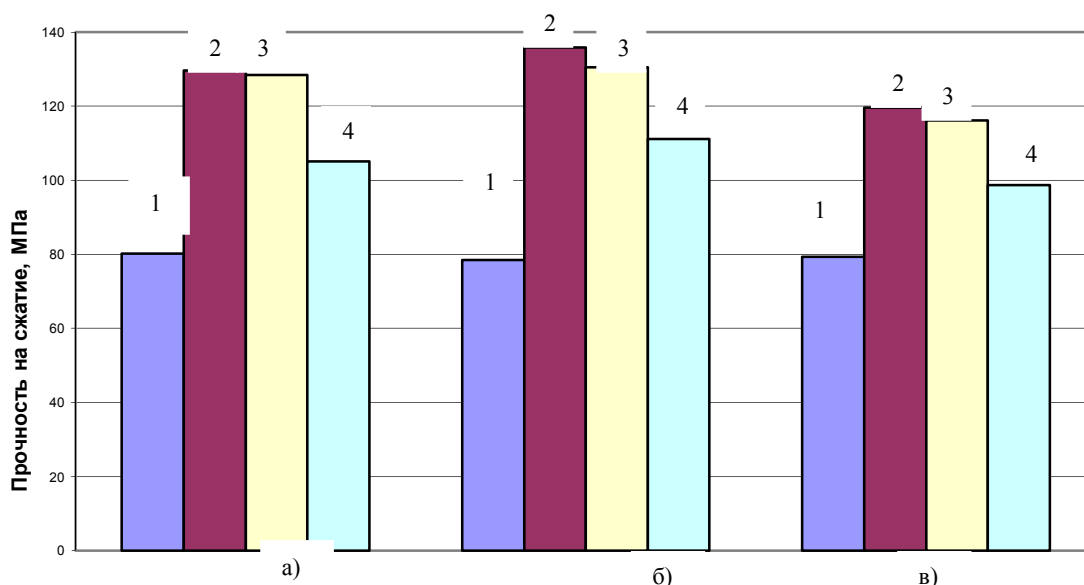


Рис. 3. Прочность на сжатие цементного камня на основе портландцемента ПЦ 500Д0 с добавками Glenium (GI) и золы сапропеля: а – 5 %, б – 10 %, в – 15 %; 1 – состав без добавок, составы с добавками GI и золы озера: 2 – Пучай, 3 – Жилой Рям, 4 – Горькое

Таблица 2 – Характеристики цементного камня с золой сапропеля озера Пучай

№ п/п	Цементный камень с добавкой	Прочность на сжатие, МПа	Водоцементное отношение, В/Ц	Водопоглощение, %	Прочность на изгиб, МПа
1	Без добавок	65,1	0,27	17,6	7,05
2	Glenium	89,8	0,20	-	7,57
3	Зола	39,4	0,27	-	-
4	GI и зола 6 %	98,7	0,21	-	11,3
5	GI и зола 8 %	110,5	0,23	3,0	13,47
6	GI и зола 10 %	98,4	0,23	-	7,93
7	СП-1 и зола 8%	81,8	0,28	9,2	-

Разница в прочностных показателях композиций объясняется отличием химического состава и морфологических характеристик добавок зол. Наибольшая прочность отвечает составам с золой сапропеля озера Пучай. Добавка, состоящая из 8 % золы озера Пучай и 1 % суперпластификатора Glenium 115, в строительную смесь на основе портландцемента ПЦ 500Д0 увеличивает прочность цементного камня на 70 % и снижает водопоглощение с 18 до 3 %. Увеличить прочность цементного камня до 94 % удалось путем изменения температурного режима получения и степени измельчения золы.

Изучение механизма действия добавок зол сапропелей в цемент

Для изучения механизма действия добавки золы провели исследование фазового состава цементного камня, рисунок 4.

На рентгенограммах цементного камня с добавкой золы и пластификатора уменьшаются пики, соответствующие портландиту ($d/n = 4,89; 1,97; 1,76$). Появляются новые пики, отвечающие за стабильные закристаллизованные кубические гидроалюминаты кальция типа C_3AH_6 ($d/n = 5,14; 4,4; 3,35; 2,78; 1,95; 1,66$). Кроме пуццоланового действия добавка золы вызывает переход от нестабильных к стабильным формам алюминатов, которые обеспечивают цементному камню прочность и стабильность в процессе эксплуатации [8].

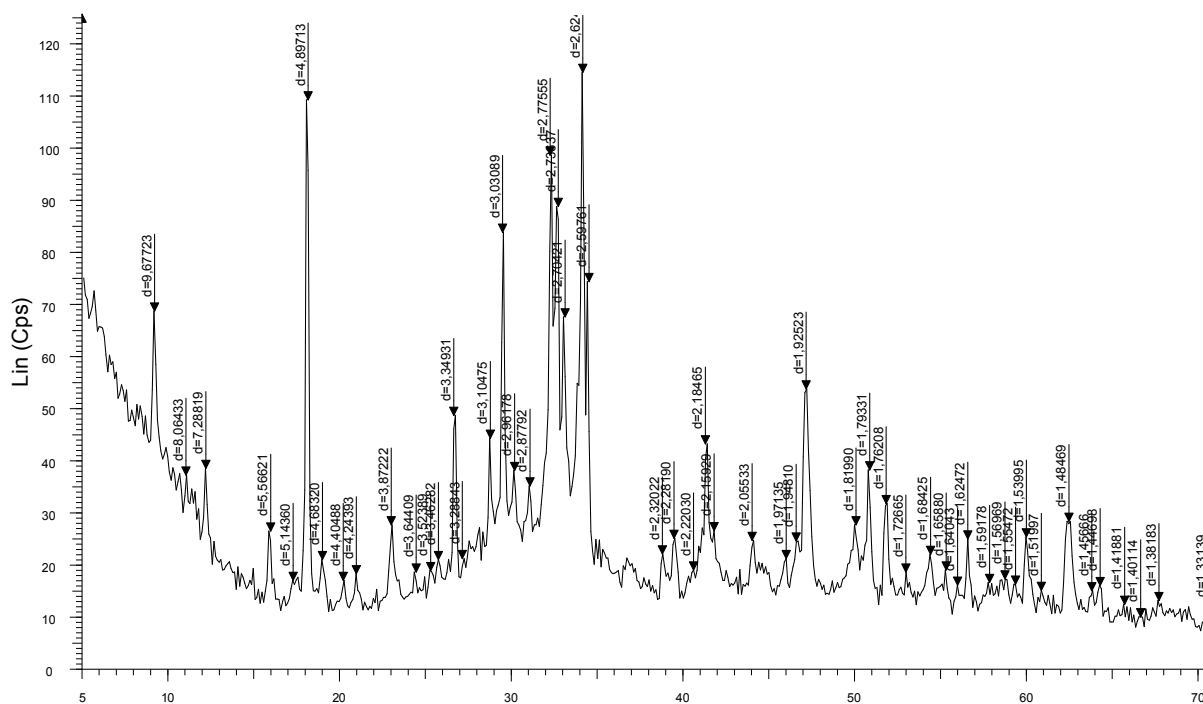


Рис. 4. Рентгенограмма цементного камня с добавкой золы сапропеля

Заключение

В представленном исследовании реализована гипотеза, основанная на генезисе минеральной компоненты сапропелей, о содержании в золах сапропелей реакционно-способного аморфного кремнезема, который входит в состав активных минеральных добавок к портландцементу. Определен морфологический и химический состав минеральной компоненты сапропелей. С помощью термического и рентгенофазового анализа установлено, что при обжиге сапропелевого сырья удаляются органические вещества, происходит дегидратация и разрушение глинистых минералов. Добавки зол сапропелей получены из сапропелевого сырья путем его сжигания при 850...900 °С и последующего измельчения. Введение зол сапропелей, совместно с пластификатором Glenium, в цементы ПЦ 400 и ПЦ 500 Д0 приводит к увеличению прочностных показателей цементного камня и значительно уменьшению его водопоглощения. Установлено, что эффект действия добавок зол, как активных минеральных добавок, обусловлен наличием в их составе реакционно-способной аморфной составляющей, состоящей из SiO₂ и Al₂O₃ в определенных количественных соотношениях и представляющей в основном кремнезем минеральной компоненты сапропелей, а также алюмокремнегели, образованные при распаде глинистых минералов. Добавки зол сапропелей являются модификаторами цементного вяжущего, улучшающего его эксплуатационные свойства, что доказывается рентгенограммами фиксирующими изменение фазового состава цементного камня, а именно уменьшение содержания портландита (пуццолановое действие) и образование, вместо нестабильных, стабильных форм алюминатов кальция.

В качестве сырья для производства активных минеральных добавок могут быть использованы как нативные сапропели, так и твердые остатки после извлечения из сапропелей органической компоненты, в том числе биологически активных веществ в процессах термической и химической переработок. Сырьем могут служить полученные из сапропелей и использованные нефтяные и углеродминеральные сорбенты, носители сорбентов и катализаторов.

Использование зол сапропелей для производства активных минеральных добавок в цементы представляет собой отдельное новое направление в комплексной переработке сапропелевого сырья Омского региона.

Библиографический список

1. Шмаков, П.Ф. Сапропелевые ресурсы озер омской области и их рациональное использование. Кормовые ресурсы Западной Сибири и их рациональное использование / П.Ф.Шмаков, А.Г. Третьяков, В.А. Левицкий // Сб. трудов. – Омск, 2005. – С. 51–70.
2. Кривонос, О.И. Разработка нового подхода к комплексной переработке сапропелей: Автореф. дисс. канд. хим. наук. – Омск, 2012. – 18 с.
3. Пустовгар, А.П. Эффективность применения активированного диатомита в сухих строительных смесях / А.П. Пустовгар // Строительные материалы. – 2009. – № 10. – С.79-81.
4. Хомич, В.А. Золы сапропелей как добавки к портландцементу / В.А. Хомич, Е.В. Данилина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2013. – Т. 13. – № 1. – С. 41-44.
5. Khomich V.A., Danilina E.V., Krivonos O.I., Plaksin G.V. Active mineral additives of sapropel ashes. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2015. – 71. – 012044. Available at: <http://iopscience.iop.org/1757-899X/71/1/012044>.
6. Крамар, Л.Я. Модификаторы цементных бетонов и растворов (Технические характеристики и механизм действия) / Л.Я.Крамар, Б.Я.Трофимов, Е.А. Гамалий, Т.Н. Черных, В.В. Зимич. – Челябинск: ООО «Искра-Профи», 2012. – 202 с.
7. Стафеева, З.В. Рациональное использование природных ресурсов с глубокой переработкой продуктов обогащения / З.В. Стафеева, Т.М. Аргынбаев, Е.В. Белогуб // Перспективы развития строительного материаловедения: сборник статей Международной научно-технической конференции. – Челябинск: изд-во «Пирс», 2013. – С. 43-49.
8. Кирсанова, А.А. Комплексный модификатор с метакаолином для получения цементных композитов с высокой ранней прочностью и стабильностью / А.А. Кирсанова, Л.Я. Крамар, Т.Н. Черных, Т.М. Аргынбаев, З.В. Стафеева // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2013. – Т. 13. – № 1. – С. 49-55.

SAPROPELIC MODIFYING ADDITIVES FOR CEMENT BONDING AGENTS

V.A. Khomich, O.I. Krivonos

Abstract. The data on obtaining active mineral additives from sapropelic raw materials while their burning at 850 ... 900 °С and afterpowdering are presented in the article. Properties of paste matrix with sapropel ashes were studied and the mechanism of sapropel ashes influence was discovered. Introduction of ashes into Portland cement PC 400 and PC 500A0 together with Glenium plasticizer increases paste matrix strength and decreases its water absorption. Ash adding makes a puzzolanic effect on the cement bonding agent and causes the formation of stable calcium aluminate forms due to the alumosilicagels content.

Keywords: active mineral additive, sapropel, ash, cement bonding agent, paste matrix.

References

1. Shmakov P.F., Tretyakov A.G., Levitsky V.A. *Sapropel'nye resursy ozer omskoj oblasti i ih racional'noe ispol'zovanie. Kormovye resursy Zapadnoj Sibiri i ih racional'noe ispol'zovanie* [Sapropel resources of Omsk region lakes and their conservation Collection of scientific papers]. Omsk, 2005. pp. 51 – 70.
2. Krivonos O.I. *Razrabotka novogo podhoda k kompleksnoj pererabotke sapropelej* [New approach to integrated sapropel processing: Abstract of a Cand. Sc.]. Omsk, 2012. 18 p.
3. Pustovgar A.P. *Jeffektivnost' primene-nija aktivirovannogo diatomita v suhих stroitel'nyh smesjah* [The efficiency of activated diatomite in dry building mixes]. *Stroitel'nye materialy*, 2009, no. 10, pp. 79-81.
4. Khomich V.A., Danilina E.V. *Zoly sapropelej kak dobavki k portlandcementu* [Sapropel ashes as Portland cement additives]. *Vestnik JuUrGU. Serija «Stroitel'stvo i arhitektura»*, 2013, vol. 13, no. 1, pp. 41 – 44.
5. Khomich V.A., Danilina E.V., Krivonos O.I., Plaksin G.V. [Active mineral additives of sapropel ashes. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, 2015, 71 012044] Available at: <http://iopscience.iop.org/1757-899X/71/1/012044>.
6. Kramar L.Y., Trofimov B.Y., Gamaliy E.A., Chernykh T.N., Zimich V.V. *Modifikatory cementnyh be-tonov i rastvorov (Tehnicheskie harakteristiki i mehanizm dejstvija)* [Modifiers of cement concretes and mortars]. Chelyabinsk: Llc «Iskra-Profi», 2012. 202 p.
7. Stafeeva Z.V., Argynbaev T.M., Belogub E.V. *Racional'noe ispol'zovanie prirodnyh resursov s glubokoj pererabotkoj produktov obogashhenija* [Rational utilization of natural resources with deep processing of concentrates] *Mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii*, Chelyabinsk: «Pirs» publisher, 2013. 152 p. Pp. 43-49.
8. Kirsanova A.A., Kramar I.Ya., Chernykh T.N., Argynbaev T.M., Stafeeva Z.V. *Kompleksnyj modifikator s metakaolinom dlja poluchenija cementnyh kompozitov s vysokoj rannej prochnost'ju i stabil'no-st'ju* [Complex modifier with metakaolin for obtaining cement composites of high early strength and stability]. *Vestnik JuUrGU. Serija «Stroitel'stvo i arhitektura»*, 2013, vol. 13, no. 1, pp. 49 – 55.

Хомич Вера Алексеевна (Россия, Омск) – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры «Инженерная экология и химия» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: vera_khomich@mail.ru).

Кривonos Оксана Ивановна (Россия, г. Омск) – кандидат химических наук, научный сотрудник ФГБУН «Институт проблем переработки углеводородов» СО РАН (644040, г. Омск, ул. Нефтезаводская, 54, e-mail: KOI1981@mail.ru).

Khomich Vera Alekseevna (Russian Federation, Omsk) – candidate chemistry sciences, associate professor of the “Engineering Ecology and Chemistry” Department, of The Siberian Automobile and Highway Academy (644080, Omsk, Russia, Mira prospect, 5, e-mail: vera_khomich@mail.ru).

Krivonos Oksana Ivanovna (Russian Federation, Omsk) – candidate chemistry sciences, Federal State Budgetary Research Institution “Institute for Hydrocarbon Processing” SB RAS (644040, Omsk, Russia, Neftzavodskay av., 54, e-mail: KOI1981@mail.ru).