

*В совет по приоритетному направлению научно-технологического развития Российской Федерации «Переход к высокопродуктивному и экологически чистому агро- и аквахозяйству, разработка и внедрение систем рационального применения средств химической и биологической защиты сельскохозяйственных растений и животных, хранение и эффективная переработка сельскохозяйственной продукции, создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания»*

### **Заявка на разработку**

комплексного научно-технического проекта полного инновационного цикла **«Создание рентабельного распределенного технологического комплекса по производству органоминеральных удобрений, редкоземельных металлов и вяжущих веществ на основе комплексной технологии переработки гипсосодержащих отходов промышленных предприятий»** (далее – комплексный проект)

ООО «Строитель»

*(наименование организации реального сектора экономики, являющегося инициатором комплексного проекта)*

#### **1. Цель комплексного проекта (конечные результаты, соответствующие приоритетам научно технологического развития Российской Федерации)**

**Создание рентабельного распределенного технологического комплекса по производству органоминеральных удобрений, редкоземельных металлов и вяжущих веществ.**

Рациональное природопользование является одним из приоритетов технологического развития РФ и большинства стран мира. Особое значение в этом случае обретает работа с образующимися и накопленными ранее отходами, целую группу которых составляют гипсосодержащие отходы (ГСО). В настоящее время известно более 50 видов ГСО, которые являются побочными продуктами различных производств (фосфогипс, борогипс, хлорогипс, феррогипс, цитрогипс, витаминный гипс и т.д.) [1]. Несмотря на существенные различия в химических составах и способах образования, объединяющим аспектом для всех подобных продуктов является преобладающее содержание сульфатов кальция. Это создаёт предпосылки к возможности выработки единого подхода трансформации ГСО в различные полезные продукты, с учётом индивидуальных особенностей каждого вида сырья.

Единая статистика по мировым объёмам текущего образования всех видов ГСО и накопленным запасам отсутствует. Однако, наглядной иллюстрацией масштабности проблемы могут служить открытые данные по фосфогипсу. Фосфогипс – побочный продукт производства фосфатных удобрений и фосфорной кислоты, является наиболее крупнотоннажным гипсосодержащим отходом. Это обусловлено тем, что добыча и переработка фосфатов осуществляется многих странах (табл. 1). При этом прогнозируется, что мировое потребление  $P_2O_5$ , содержащегося в фосфорной кислоте, удобрениях и других продуктах, возрастет с 47 млн. тонн в 2019 году до 50 млн. тонн в 2023 году, а, следовательно, возрастет и количество фосфогипса [2].

В настоящее время, по усреднённым оценкам, применяемые промышленные технологии дают 4–6 тонн фосфогипса на каждую тонну произведенной фосфорной кислоты [3]. При этом большая часть фосфогипса, а также других гипсосодержащих

отходов, не подвергается немедленной переработке, а в течение многих лет накапливается в отвалах или искусственных водоёмах, что приводит к серьезному загрязнению окружающей среды, почвы, воды и атмосферы [1, 3–5]. По объёмам данные продукты могут рассматриваться в качестве полноценной альтернативы природному сырью, добыча которого значительно уступает количеству ежегодно образующихся ГСО.

*Таблица 1*

**Добыча фосфатов (млн. тонн) [2]**

Страна	год		Разведанные запасы
	2018	2019	
Китай*	120,000	110,000	3200,000
Марокко и Западная Сахара	34,800	36,000	50000,000
США	25,800	23,000	1000,000
Россия	14,000	14,000	600,000
Иордания	8,020	8,000	1000,000
Саудовская Аравия	6,090	6,200	1400,000
Вьетнам	3,300	5,500	1300,000
Бразилия	5,740	5,300	1700,000
Египет	5,000	5,000	1300,000
Перу	3,900	3,700	210,000
Израиль	3,550	3,500	62,000
Тунис	3,340	3,000	100,000
Австралия	2,800	2,700	1200,000
Сирия	100	2,000	1800,000
Южная Африка	2,100	1,900	1400,000
Сенегал	1,650	1,600	50,000
Индия	1,600	1,600	46,000
Мексика	1,540	1,540	30,000
Казахстан	1,300	1,300	260,000
Алжир	1,200	1,200	2200,000
Финляндия	989	1,000	1300,000
Узбекистан	900	900	100,000
Того	800	800	30,000
Другие страны	970	1,000	770,000
<b>Итого:</b>	<b>249,489</b>	<b>239,840</b>	<b>69000,000</b>

\*Производственные данные только для крупных шахт, согласно Национальному бюро статистики Китая

Необходимость их переработки, кроме типичных для всех крупнотоннажных отходов причин (экологические факторы, помехи развитию территорий городских и сельских поселений и т.п.), дополнительно обусловлена их повышенной ценностью как сырья для производства органоминеральных удобрений [6], вяжущих веществ [7], а также редкоземельных металлов [8]. Многочисленные исследования широкого круга специалистов, подтверждают данные тезисы, показывают возможные подходы к их реализации.

Несмотря на большое количество исследований, в настоящее время в России нет действующего производства, направленного на переработку гипсосодержащих отходов в промышленных объемах. Научные результаты, полученные большим количеством исследователей, в основном направлены на сам факт установления возможности переработки того или иного сырья, незначительная часть таких разработок прошла промышленную апробацию в условиях существующих заводов, также есть сведения об организации небольших опытных производств, основная часть из которых направлена на

переработку фосфогипса, как наиболее крупнотоннажного и повсеместно распространённого вида ГСО [9, 10].

Существующий на данный момент подход решение отдельных задач, и ориентированы на поиск путей минимизации негативных особенностей получаемых продуктов, характерных для различных предметных областей, как правило, имеет отрицательный экономический баланс, оправдываемый только острой экологической необходимостью, и не способствует развитию широкомасштабной переработки гипсосодержащих отходов.

При этом и российские и зарубежные специалисты сходятся во мнении, что основным условием создания рентабельной технологии переработки ГСО, является комплексный подход к переработке гипсосодержащих отходов с получением на выходе как минимум двух кондиционных продуктов, например, строительных материалов и редкоземельных металлов [8]; серной кислоты с попутным получением вяжущих (цемента, извести) или использования в качестве наполнителя для дорожного строительства [9] т.д.

В рамках реализации данного проекта предлагается создание распределенного технологического комплекса с выходом трех кондиционных продуктов – органоминеральных удобрений, редкоземельных металлов и вяжущих веществ.

Такой подход позволит:

- минимизировать количество образующихся вторичных ресурсов;
- регулировать объем производства того или иного конечного продукта с учетом потребности отдельно взятого региона в той или иной продукции;
- минимизировать экономические потери при снижении спроса на один из видов выпускаемой продукции;
- гибкость технологического режима позволит учитывать особенности вещественного состава гипсосодержащих отходов, различных производств;

В целом создание такой технологии и ее реализация в промышленных масштабах позволит существенно увеличить объемы перерабатываемых гипсосодержащих отходов, что позволит решить не только экологические вопросы, но и расширять сырьевую базу регионов, где остро стоят данные вопросы.

### Ссылки

1. Гипсовые материалы и изделия (производство и применение). Справочник. Под общей редакцией А.В. Ферронской. Изд-во АСВ, 2004. 488 с.
2. Mineral Commodity Summaries, 2020. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Pp. 122–123. <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2016/mcs2020.pdf>
3. Cánovas C.R., Macías F., Pérez-López R., Basallote M.D., Millán-Becerro R. Valorization of wastes from the fertilizer industry: Current status and future trends // *Journal of Cleaner Production*. 2018. Vol.17410. Pp. 678–690. doi:10.1016/j.jclepro.2017.10.293
4. Moalla R., Gargouri, M., Khmiri F., Kamoun L., Zairi M. Phosphogypsum purification for plaster production: A process optimization using full factorial design // *Environmental Engineering Research*. 2018. Vol. 23. Iss. 1. Pp. 36–45. doi:10.1016/j.tca.2018.01.011
5. Tayibi H., Choura M., Lo'pez F.A., Alguacil F.J., Lo'pez-Delgado A. Environmental impact and management of phosphogypsum // *Journal of Environmental Management*. 2009. Vol. 90, Iss. 8, Pp. 2377–2386. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.03.007>
6. Wang J. Utilization effects and environmental risks of phosphogypsum in agriculture: A review // *Journal of Cleaner Production*. 2020, Vol. 276. 123337. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123337>
7. Rashad A.M. Phosphogypsum as a construction material // *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 166. Pp. 732–743. doi:10.1016/j.jclepro.2017.08.049.
8. Wu S., Wang L., Zhao L., Zhang P., El-Shall H., Moudgil B., Huang X., Zhang L. Recovery of rare earth elements from phosphate rock by hydrometallurgical processes – A

critical review // Chemical Engineering Journal. 2018. Vol. 335. Pp. 774–800. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.10.143>

9. Бабкин В.В. Успенский Д.Д. Новая стратегия: Химия 2030. Высокие переделы сырья. Кластеризация. Химизация индустрии. РФ. М.: Изд-во «Лица», 2015. 222 с.

10. Мещеряков Ю.Г., Федоров С.В. Промышленная переработка фосфогипса. СПб.: Изд-во «Стройиздат СПб», 2007. 104 с.

## **2. Обоснование актуальности комплексного проекта (важность реализации комплексного проекта для достижения результатов, указанных в пункте 1 настоящей заявки)**

Проблема утилизации гипсосодержащих отходов является глобальной из-за их повсеместного наличия по всему миру. Фосфогипс является наиболее крупнотоннажным и представляет собой твердый побочный продукт, образующийся при мокрой технологии производства фосфорной кислоты. Его утилизация представляет собой одну из самых актуальных проблем для фосфатной промышленности [Bisone S., Gautier M., Chatain V., Blanc D. Spatial distribution and leaching behavior of pollutants from phosphogypsum stocked in a gypstack: Geochemical characterization and modeling // Journal of Environmental Management. 2017. Vol. 193. Pp. 567–575 DOI:10.1016/j.jenvman.2017.02.055], так как всего лишь порядка 15% данного сырья перерабатывается, остальное по-прежнему накапливается в отвалах и шламбассейнах, приводя к отчуждению значительных территорий и нанося вред экологической обстановке регионов.

Вместе с тем фосфогипс и другие гипсосодержащие отходы при правильном подходе к вопросам их переработки, могут выступать в качестве ценной альтернативы природным сырьевым ресурсам, по ряду причин:

- интенсивное землепользование приводит к деградации почв, усугубляющейся с изменением климата. Радикальным и проверенным способом восстановления пахотных земель является гипсование почв;

- они содержат (по оценкам) около 1 млн. т редких земель, в легко извлекаемой форме. Это по объемам потенциально извлекаемых запасов сопоставимо с крупнейшими месторождениями рудного редкоземельного сырья (Ловозерское месторождение, РФ – 2,2 млн. т., Маунтин Пасс, США – 2 млн. т).

- годовой объем гипса, добываемого карьерным способом для различных нужд, в РФ составляет более 5 млн. т и продолжает расти. В то время, как гипс, содержащийся в отвалах, после определенных видов обработки, по качеству удовлетворяет требованиям большинства потребителей и может быть выгодной заменой карьерному.

Таким образом гипсосодержащие отходы могут рассматриваться в качестве:

- средства улучшения структуры почв;
- эффективного азот фиксирующего компонента при производстве органоминеральных удобрений;
- источника попутного извлечения ROE;
- резерва для быстрого увеличения производства гипсовых вяжущих и строительных материалов на их основе.

Из перечисленных наиболее крупнотоннажным является производство удобрений. Получение рентабельного способа производства органоминеральных удобрений позволяет решить еще одну важную проблему сельского хозяйства, связанную с утилизацией отходов животноводческих предприятий. На данный момент нерациональное внесение таких отходов в почвы приводит к их деградации, что в итоге приводит к снижению урожайности и увеличению затрат на их восстановление. Предприятия производящие такие отходы не занимаются их переработкой в связи с тем, существующие технологии требуют больших капитальных затрат и в конечном итоге не приводят к получению прибыли. В связи с чем для изменения сложившейся ситуации возникает потребность в разработке новых подходов к данному вопросу.

Согласно данным анализа рынка минеральных удобрений за 2019 год [Волкова А.В. Рынок минеральных удобрений. Национальный исследовательский университет ВШЭ, Центр развития. 2019] внутренний рынок отличается невысоким уровнем потребления. Отечественным покупателям поставляется около 30 % выпущенной продукции, причем около половины внутреннего спроса обеспечивает промышленность. В последние годы использование удобрений в сельском хозяйстве РФ устойчиво растет, что является позитивным сигналом для отрасли. По данным Российской ассоциации производителей удобрений в 2018 г. потребление удобрений отечественными сельхозпроизводителями выросло на 9 % – до 3,4 млн тонн в действующем веществе, что стало рекордом за последние 25 лет. По сравнению с уровнем десятилетней давности объем потребления вырос на 50 %. В первом полугодии 2019 г. потребление удобрений на российском рынке выросло на 18,2 % г/г – до 2,2 млн тонн в пересчете на д.в. (на 14,1 %, до 5,46 млн тонн в физическом весе). Сильнее всего выросли поставки на внутренний рынок карбамид-аммиачной смеси (+36 %), концентрированных фосфорных (+32 % и комплексных удобрений (+22 %). Позитивная динамика спроса на удобрения объясняется как рыночными факторами (высокие цены на сельскохозяйственную продукцию), так и государственной политикой (субсидирование предприятий АПК, договоренности с производителями минеральных удобрений о фиксации отпускных цен перед началом весенней и осенней посевной).

Объем закупок удобрений за рубежом незначителен в масштабах внутреннего рынка – около 300 тыс. тонн в физическом весе, при этом значительная часть импортируемой продукции предназначена для промышленного использования. В то же время достаточно важным является импорт сложных удобрений (ок. 70 тыс. тонн в физическом весе), поскольку импортируются в основном удобрения в мелкой фасовке (в том числе таблетированные и жидкие), как для использования в сельском хозяйстве (на приусадебных участках, фермах), так и для ухода за домашними растениями. Розничный сегмент в России не так развит, как крупнотоннажный. Кроме того, есть «высокотехнологичные» ниши, где значительная доля зарубежных поставщиков. В первую очередь, это жидкие удобрения для декоративных и садовых растений, многокомпонентные удобрения с микроэлементами.

Таблица 2

**Сводная таблица показателей развития российского рынка удобрений,  
минеральных или химических  
(в пересчете на 100% питательных веществ)**

	2015	2016	2017	2018	1-е п/г 2019
<b>Производственные показатели</b>					
- объем производства, млн тонн	19,9	20,7	22,5	22,9	12,0
- изменение объема производства, % к предыдущему году	1,6	3,7	9,0	1,5	2,0
<b>Емкость внутреннего рынка</b>					
- объем потребления, млн тонн	5,1	5,1	6,0	6,6	4,5
- изменение емкости рынка (продаж на внутреннем рынке), % к предыдущему году	-5,9	0,5	17,5	9,8	-31,2
<b>Уровень экспортного потенциала</b>					
- объем экспорта, млн тонн	15,4	15,3	16,5	16,5	7,6
- изменение объема экспорта, % к предыдущему году	7,6	-0,4	7,8	0,3	-9,6
- доля экспорта в производстве, %		77,1		74	
<b>Обеспеченность потребности внутреннего рынка продукцией российского производства</b>					
- объем импорта, млн тонн	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
- доля отечественной продукции в объеме видимого потребления, %	99	98	98	98	98

Источник: Росстат (официальный сайт, ЕМИСС), ФТС РФ, расчеты Института «Центр развития».

### Спрос на минеральные удобрения на мировом рынке

В 2016-2017 гг. спрос на минеральные удобрения в мире рос, чему способствовало увеличение посевных площадей, а также государственная политика ряда стран, направленная на повышение объемов внесения минеральных удобрений. Объем потребления минеральных удобрений мировым сельским хозяйством составил в 2018 г. 188,8 млн. тонн, снизившись на 0,7 % по сравнению с 2017 г. Спрос на минеральные удобрения со стороны промышленного сектора составил в 2018 г. 62 млн тонн (25 % от суммарного объема мирового рынка минеральных удобрений). Объем внесения минеральных удобрений на один гектар посевной площади превысил 70 кг N/га, 29 кг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/га, 24 K<sub>2</sub>O/га. В региональном разрезе крупнейшими потребителями минеральных удобрений являются Азия и Америка. При этом более половины мирового спроса на удобрения приходится на четыре страны: Китай, Индию, США и Бразилию, которые в первую очередь и определяют динамику развития мирового рынка.

Таблица 3

#### Объемы мирового потребления минеральных удобрений сельским хозяйством

Объем потребления, млн тонн д.в.				
	2016	2017	2018	2019 (f)
N	107.1	106.4	106.5	107.1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	45.4	46.3	45.3	46.0
K <sub>2</sub> O	35.9	37.4	37.0	37.4
Итого	188.5	190.1	188.8	190.5
Изменение, %				
N	0,6%	-0,7%	0,1%	0,6%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,4%	2,0%	-2,2%	1,5%
K <sub>2</sub> O	2,0%	4,2%	-1,1%	1,1%
Итого	1,0%	0,8%	-0,7%	0,9%

Таблица 4

#### Мощности по производству удобрений

N	2017	2018	P	2017	2018	K	2017	2018	NP K	2017	2018
Китай	59	58,4	Китай	22,1	22,1	Канада	22,4	23,3	Китай	87,8	87,2
РФ	15,9	16,9	США	8,5	8,5	РФ	9,36	10,7	РФ	28,66	31,2
США	13,4	14,1	Марокко	6,5	7,4	Беларусь	7,7	7,9	Канада	27,1	28
Индия	12,8	12,7	РФ	3,4	3,5	Китай	6,7	6,7	США	23	23,6
Индонезия	5,6	6,7	КСА	2,9	2,9	Германия	3,6	3,5	Индия	15	15
Тринидад и Тобаго	4	4,99	Индия	2,2	2,2	Израиль	2,4	2,4	Беларусь	8,8	8,9
Украина	4,6	4,6	Тунис	2	2	Чили	1,7	1,7	КСА	7,16	7,2
Канада	4,3	4,4	Бразилия	1,6	1,6	Иордания	1,5	1,5	Марокко	6,48	7,3
КСА	4,3	4,3	Иордания	1,2	1,2	США	1	1	Индонезия	6,2	7,3
Иран	4,3	4,26	Мексика	0,9	0,9	Туркменистан	0,8	0,8	Германия	6,2	6,2
Прочие	56,9	55,6		9,1	9,2		2,4	2,5		88,6	88,5
Всего	185,1	187,0		60,4	61,5		59,6	62,0		305,0	310,4

Источник: Nutrien (по данным IFA 2017–2018 гг.).

Суммарно за 9 мес. 2019 г. цены на все перечисленные основные виды минеральных удобрений показали прирост в 2–3% за исключением КАС. В четвертом квартале вероятно продолжение нисходящей ценовой динамики из-за слабого спроса.

Рынок калийных удобрений в первом полугодии 2019 г. оставался наиболее стабильным по сравнению с рынками азотных и фосфорных удобрений. Глобальный спрос был относительно устойчивым, в первую очередь благодаря спросу со стороны Латинской Америки.

Еще одним продуктом, влияющим на ценообразование сложных минеральных удобрений, является сера. Котировки серы с октября 2018 г. снижались. К августу 2019 г. падение составило около 50%. Цены на ближневосточную серу опустились ниже 70 долл. за тонну (fob) впервые с августа 2016 г. Согласно оценкам экспертов Argus Media, к концу третьего квартала текущего года цены на гранулированную серу в Китае – ключевом рынке сбыта – могут опуститься до 74–76 долл. за тонну (cfr). Минимальные уровни ожидаются в октябре, после чего покупатели, в первую очередь китайские, активизируются.

### Обзор российского рынка

#### Ключевые производственные показатели

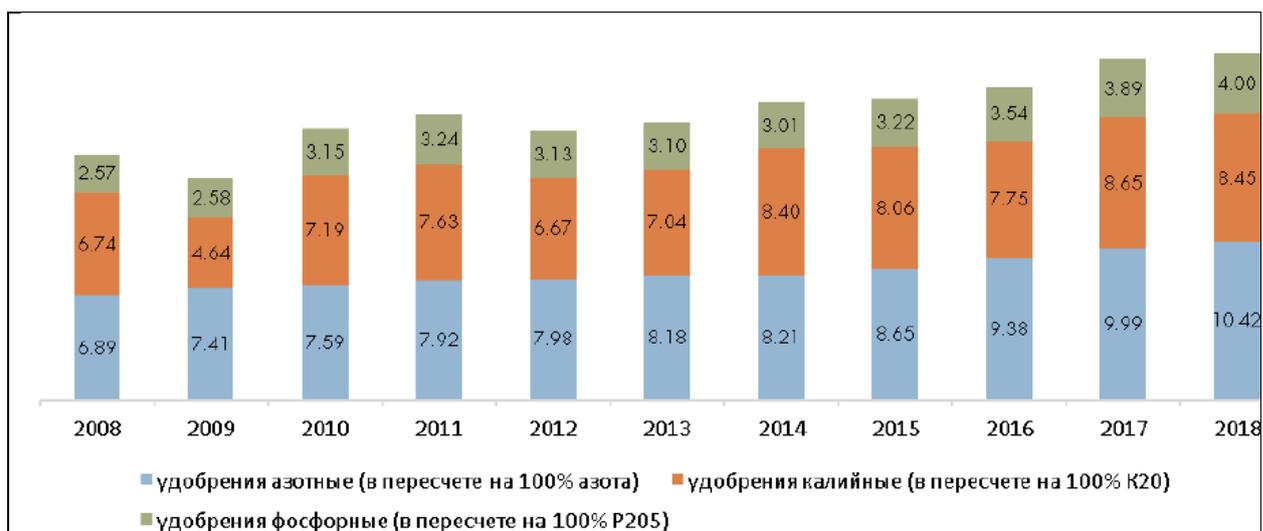
В последние шесть лет производство минеральных удобрений в РФ устойчиво росло, достигнув в 2018 г. 22,9 млн тонн в действующем веществе(д.в.). Темпы роста на фоне других секторов промышленности были крайне высокими, CAGR в период 2015–2017 гг. составил 5,3 %. В 2018 г. прирост объемов производства снизился до 1,5 %, что было связано с негативным результатом калийного сегмента.

Таблица 5

#### Основные показатели российского рынка минеральных удобрений в 2015–2018 гг., тыс. тонн д.в.

Показатель	2016	2017	2018	1-е п/г 2019
Загрузка мощностей	88,91	90,16	85,83	н.д.
Ресурсы	20 386	22 489	23 124	12 157
- производство	20 665	22 524	22 866	11 969
- импорт	84	90	150	70
- изменение запасов*	-363	-125	107	118
<b>Использование</b>				
- продажи на внутреннем рынке	5098	5991	6579	4528
- экспорт	15 288	16 498	16 544	7 630
Доля экспорта в производстве	74	73	72	64
Доля импорта в потреблении	2	2	2	2

\* У торговых организаций и производителей. Источник: Росстат, ФТС РФ, расчеты Института «Центр развития» НИУ ВШЭ16.



Источник: Росстат.

**Рис. 1. Динамика производства минеральных удобрений в России в 1998–2018 гг., млн тонн д.в.**

Таблица 6

**Объем производства важнейших видов минеральных удобрений в 2016–2019 гг., тыс. тонн (физ. вес)**

	2016	2017	2018	1-е п/г 2019	Изменение	
					2018/2017	1-е п/г 2019/1-е п/г 2018
<b>Азотные удобрения</b>						
Карбамид (с масс. долей N более 45% в сухом продукте)	6393	7985	8340	4458	4,4%	0,0%
Аммиачная селитра (в т.ч. в водном р-ре)	9082	9460	9611	5280	4,2%	4,2%
Сульфат аммония	1335	1326	1433	708	-0,7%	-3,4%
<b>Фосфорные удобрения</b>						
Аммофос	34	904	958	478,5	5,9%	-4,9%
Диаммофос	2,4	22,9	77,9	72,3		19,3%
<b>Комплексные удобрения</b>						
НРК	6219	7153	7747	3761	8,3%	-0,8%
<b>Калийные удобрения</b>						
Хлорид калия	10 897	12 081	11 633	6166	-3,7%	3,1%

Источник: Росстат.

Тенденция развития промышленности минеральных удобрений – расширение ассортимента выпускаемой продукции. На фоне истощения почв в результате интенсификации производства сельскохозяйственных культур отмечается рост спроса на удобрения с различным содержанием вторичных питательных веществ (сера, кальций, магний) и с добавлением различных микроэлементов. По оценкам игроков рынка, широкое применение получают жидкие формы удобрений (в частности КАС), которые отличаются равномерностью внесения и распределения в слоях почвы, что способствует повышению удержания питательных веществ и влаги, что актуально для засушливых регионов<sup>17</sup>. Важно отметить, что в России развивается также производство тукосмесей, объем потребления которых отечественными аграриями находится на низком уровне. Ввиду специфики

сегмента (производство NPK смесей с заданным соотношением питательных веществ по спецификациям клиентов) тукосмесительные установки – в основном небольшой мощности, работающие на свой регион.

### **Экспортные ориентиры**

Ограниченная емкость внутреннего рынка определяет экспортную ориентацию российских производителей. На внешние рынки отгружается более 70 % выпускаемых в стране минеральных удобрений. Негативное влияние ввода новых экспортноориентированных мощностей и экспансии китайских производителей привело к снижению объемов экспорта азотных удобрений в 2015 г., однако затем ситуация улучшилась по причине изменения конкурентной среды (см. обзор мирового рынка выше). На фоне роста внутреннего производства и благоприятной конъюнктуры мирового рынка поставки азотных и смешанных удобрений на внешние рынки в последние годы устойчиво растут. Экспорт калийных удобрений, напротив, в 2018 г. резко снизился, что было связано с сокращением объемов продаж «Уралкалия» на долгосрочных контрактах Китая и Индии из-за низких цен. Начало продаж на внешние рынки «ЕвроХима» никак не повлияло на совокупные результаты подотрасли, поскольку пока речь идет о пробных партиях и малых объемах.

### **3. Комплексные задачи, на решение которых направлены комплексный проект**

Для достижения поставленной в проекте цели будут решаться следующие задачи:

1. Исследование физико-химических особенностей процессов обезвоживания и гидратации ГСО, с целью уточнения механизмов получения требуемых показателей целевых продуктов. Масштабность и комплексность задачи обусловлены большим количеством возможных фазовых переходов и сопутствующих процессов, имеющих место при термической обработке сырья в промышленных установках, так и после неё, на этапе вызревания продукции. В связи с чем необходимо уточнение оптимальных фазовых составов целевых продуктов и установление граничных значений режимов их получения. В дальнейшем это необходимо для создания обобщённых рекомендаций по переработке ГСО.

2. Изучение динамики изменения структурно-механических характеристик продуктов на различных этапах технологического цикла, с целью выявления рациональных точек приложения воздействий, их видов и режимов, для целенаправленного управления свойствами получаемого продукта. Масштабность и комплексность задачи обусловлены необходимостью изучения достаточно быстро протекающих процессов, в том числе на микроскопическом уровне. Сложностью является достаточно высокая фазовая неоднородность и нестабильность ГСО, зависящая от фактической температуры, что требует применения особых методик их исследования. Решение данной задачи, позволит оптимизировать расходы энергии на получение продуктов по основным свойствам аналогичным изготовленным из традиционного сырья.

3. Комплексный анализ влияния физико-химических и структурно-механических особенностей сырья в процессе обработки технические характеристики целевых продуктов, для создания обобщённой теории переработки ГСО. Масштабность и комплексность задачи обусловлены исходной неоднородностью и многокомпонентностью сырья. Решение данной задачи призвано объединить результаты двух предыдущих этапов, а также получить сведения, позволяющие формализовать взаимосвязи в системе «сырьё – режим воздействия – свойства конечного продукта», что, в свою очередь, необходимо для формулирования обобщённой теории переработки ГСО.

4. Изучение взаимосвязей между видами и интенсивностью процессов измельчения и физико-механической активацией гипсосодержащего сырья и целевых продуктов, с учётом динамики изменения их свойств на различных этапах технологического цикла. Масштабность и комплексность задачи обусловлены поливариантностью технологического решения процессов получения тех или иных видов целевых продуктов. Решение задачи призвано уточнить границы применимости предлагаемой обобщённой теории переработки ГСО, на различных видах сырья, и позволить сформулировать научно-методические рекомендации по организации эффективной переработки различных видов ГСО.

5. Создание комплекса микробных культур, способствующих оптимизации технологических параметров переработки органических отходов животноводства в процессе производства органоминеральных удобрений на основе ГСО.

6. Исследование долгосрочного влияния полученных органоминеральных удобрений на состав почв и урожайность культур.

7. Выбор параметров технологического режима и оборудования и для создания технологического комплекса по производству органоминеральных удобрений, редкоземельных металлов и вяжущих веществ, исходя из полученных научно-методические рекомендации по организации эффективной переработки различных видов ГСО.

Реализация поставленных в проекте задач будет осуществляться с учетом ранее полученных на опытно-промышленной установке результатов, что позволит снизить временные и материальные затраты на корректировки и доработки, обусловленные существенным влиянием масштабного фактора на результаты полученные в лабораторных условиях и условиях реального производства, а также существенным различием в температурно-влажностном и производственных режимах работы оборудования.

С 2018 года по поручению губернатора Белгородской области компанией ООО «Строитель» ведутся работы по переработке накопленных отходов биохимического синтеза лимонной кислоты завода «Цитробел» –цитрогипс. Количество отходов, на момент начала проекта составило 500 тыс. тонн. В ходе исследований, с привлечением ведущих ученых и специалистов из различных областей, была установлена возможность получения на основе цитрогипса органоминеральных удобрений и гипсовых вяжущих.

В частности, было установлено, что предлагаемая технология получения органоминеральных удобрений на основе цитрогипса позволяет полностью нейтрализовать аммиак, который образуется в результате разложения азотистых веществ, содержащихся в органических отходах. При этом получаемый в ходе химической реакции (1) сульфат аммония, является экологически безопасным ценным удобрением, а побочно образующийся карбонат кальция способствует уменьшению кислотности почвы.



Полученные результаты исследований нашли отражение в трех заявках на Ноу-хау «Способ повышения урожайности кукурузы (гибрид Р86-88)», «Способ повышения урожайности сои (сорт Аляска)», «Способ повышения урожайности озимой пшеницы (сорт Юка репродукция ЭС)», готовятся к подаче четыре патента на изобретение и заявка по договору РСТ.

Также на опытно-промышленной установке удалось получить строительный гипс марки Г5, себестоимость которого составила 1350 р., при рыночной стоимости 2600 р.

На основе полученного гипсового вяжущего, разработана сырьевая смесь и способ изготовления изделий методом полусухого прессования, что подтверждается патентом на изобретение 2693808 Российская Федерация, МПК С04В 28/14 (2006.01), С04В 14/04; С04В 18/04, С04В 40/00; С04В 11/02, С04В 111/20 Сырьевая смесь для изделий из модифицированного цитрогипса и способ их изготовления / Алфимова Н.И., Титенко А.А., Никулин И.С., Галдун Ю.В., Пириева С.Ю., Елистраткин М.Ю. ; заявитель и патентообладатель Белг. гос. тех. универ. им. В.Г. Шухова – № 2018126092; заявл. 13.07.2018.; опубл. 04.07.2019, Бюл. №19 (П.ч.) – 5 с.

Также разработана сырьевая смесь для опилкобетона и способ изготовления изделия из опилкобетона, что подтверждается патентом на изобретение 2695313 Российская Федерация, МПК С04В 18/26, С04В 28/14, С04В 111/20. Сырьевая смесь для опилкобетона и способ изготовления изделий из опилкобетона / Алфимова Н.И., Титенко А.А., Никулин И.С., Галдун Ю.В., Пириева С.Ю., Чепурных А.А.; заявитель и патентообладатель Белг. гос. тех. универ. им. В.Г. Шухова – № 2018126082; заявл. 13.07.2018; опубл. 23.07. 2019., Бюл. №21(П.ч.) – 5 с.

Получаемые изделия отличаются достаточно высокими показателями распалубочной прочности – 1 МПа. Прочность изделий через 1 сутки после полного высыхания составляет 20,22-23,56 МПа.

В ходе исследований также установлена возможность тиражирования полученных результатов на гипсосодержащие отходы других химических производств, в частности, фосфогипса (г. Балаково, Саратовская обл.), с получением на выходе не только сырья для сельского хозяйства и промышленности строительных материалов, но и редкоземельных металлов, что существенно повышает рентабельность технологического комплекса.

Выполнение поставленных задач позволит создать технологический комплекс, основной особенностью которого будет возможность менять параметры обработки гипсосодержащего сырья в зависимости от его особенностей (вещественный состав, типоморфные особенности, влажность, количество примесей и т.д.). При этом получаемый на выходе полугидрат сульфата кальция может быть использован и как вяжущее для производства стеновых изделий, так и составляющая органоминеральных удобрений, объемы производства того или иного вида конечного продукта могут выбираться в зависимости от потребностей отдельно взятого региона в той или иной, а также минимизировать экономические потери при снижении спроса на один из видов выпускаемой продукции.

В целом создание такой технологии и ее реализация в промышленных масштабах позволит существенно увеличить объемы перерабатываемых гипсосодержащих отходов, что позволит решить не только экологические вопросы, но и расширить сырьевую базу регионов, где остро стоят данные вопросы.

#### **4. Предполагаемые сроки и этапы реализации комплексного проекта**

<b>Этапы реализации</b>	<b>Предполагаемые сроки</b>
Проведение НИОКР для получения необходимой информации по технологическим режимам переработки и использованию гипсосодержащих отходов при получении органоминеральных удобрений на основе отходов животноводческих предприятий.	2020 – 2022 г.
Создание уникальной экспериментальной промышленной установки для определения технико-экономических показателей переработке гипсосодержащих отходов из различных источников. Разработка оборудования и технологии производства.	2020 – 2022 г.

Создание опытно экспериментального производства по переработке фосфогипса мощностью 100 000 тонн в год, обеспечивающих возможность получения компонентов для производства органоминеральных удобрений.	2022 г.
Создание опытно экспериментального производства по получению органоминеральных удобрений мощностью 100 000 тонн в год.	2023 г.
Создание опытно экспериментального производства по переработке концентратов полезных элементов, полученных в результате переработки гипсосодержащих отходов (редкоземельные металлы, ванадий, стронций, фосфор и т.д).	2024 г.
Развитие распределенного комплекса по переработке гипсосодержащих отходов предприятий химической промышленности путем привлечения новых участников-потребителей технологии (в том числе зарубежных).	2023-2024 г.
<p><b>5. Предполагаемый ответственный исполнитель-координатор комплексного проекта (федеральный орган исполнительной власти, осуществляющий функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере, соответствующей направлениям реализации комплексной программы, комплексного проекта, или иной главный распорядитель средств федерального бюджета в сфере научно-технической или производственной деятельности, соответствующей направлениям реализации комплексной программы/комплексного проекта, отвечающий за их реализацию и достижение целевых показателей)</b></p>	
Министерство промышленности и торговли Российской Федерации.	
<p><b>6. Предполагаемый соисполнитель комплексного проекта (федеральный орган исполнительной власти и (или) иной главный распорядитель средств федерального бюджета, отвечающий за реализацию комплексной программы, комплексного проекта и достижение их целевых показателей)</b></p>	
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации; Министерство сельского хозяйства Российской Федерации.	
<p><b>7. Предполагаемые органы государственной власти, научные и образовательные организации, иные организации различных форм собственности, институты развития, являющиеся участниками комплексного проекта</b></p>	
<p><b>1) Общество с ограниченной ответственностью «Инжиниринговый центр НИУ «БелГУ» (ООО ИЦ НИУ «БелГУ»)</b> Учредителями являются Фонд Развития БелГУ (доля 51%) и ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», НИУ "БелГУ" (доля 49%). Руководитель – директор, кандидат физико-математических наук Никулин Иван Сергеевич. Инжиниринговый центр «НИУ «БелГУ» (ИЦ) был создан в рамках реализации пилотного проекта по созданию и развитию в Российской Федерации инжиниринговых центров на базе ведущих технических вузов страны при поддержке Администрации</p>	

Белгородской области и Департамента стратегического развития фармацевтической и медицинской промышленности Минпромторга России.

Адрес: Россия, 308000, Белгородская область, г. Белгород, ул. Королева, дом 2а, офис 712.

**2) Общество с ограниченной ответственностью «Строитель».**

Руководитель – генеральный директор, Титенко Алексей Анатольевич.

Адрес: Россия, 308009, г. Белгород, Гражданский проспект, дом 36, помещение 10.

Организация, имеющая опыт переработки накопленных отходов биохимического синтеза лимонной кислоты завода «Цитробел» г. Белгород.

В задачи ООО «Строитель» в рамках реализации данного проекта будет входить промышленная апробация полученных результатов.

**3) Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (НИУ «БелГУ»).**

Учредителем ВУЗа является Российская Федерация. Функции и полномочия учредителя Университета осуществляет Минобрнауки России.

Руководитель – ректор, доктор политических наук, профессор Полухин Олег Николаевич.

Адрес: Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

Тел: (4722) 30-12-11, факс: (4722) 30-10-12, E-mail: Rector@bsu.edu.ru

Научный исследовательский университет является ведущим вузом Белгородской области, интегратором сетевого взаимодействия участников созданного Белгородского регионального научно-образовательного центра «Инновационные решения в АПК».

В задачи НИУ «БелГУ» в рамках реализации данного проекта будет входить:

– исследование биохимических процессов, происходящих при переработке органических отходов животноводства с использованием сульфата кальция, полученного при переработке различной степени гидратации отвалного фосфогипса;

– исследование влияния органоминеральных удобрений на основе органических отходов животноводства и допированных сульфатом кальция, полученного путем переработки гипсосодержащих отходов;

– исследование влияния органоминеральных удобрений на урожайность культур при использовании на различных типах почв;

– разработка технологических режимов производства органоминеральных удобрений на основе органических отходов животноводства и сульфата кальция, полученного путем переработки гипсосодержащих отходов.

**4) Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» (БГТУ им. В.Г. Шухова).**

Учредителем ВУЗа является Российская Федерация. Функции и полномочия учредителя ВУЗа осуществляет Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Руководитель – ректор, доктор экономических наук, профессор Глаголев Сергей Николаевич.

Адрес: Россия, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46

Тел: (4722) 54-20-87, факс: (4722) 55-71-39, E-mail: rector@intbel.ru

Опорный университет Белгородской области, научный коллектив которого имеет большой опыт в области научно-исследовательских работ по утилизации отходов различных производств, разработки технологических процессов и оборудования промышленных предприятий. Участник Белгородского регионального научно-образовательного центра «Инновационные решения в АПК».

В задачи БГТУ им. В.Г. Шухова в рамках реализации данного проекта будет входить:

- исследование физико-химических особенностей процессов обезвоживания и гидратации ГСО на примере цитро- и фосфогипса, с целью уточнения механизмов получения требуемых показателей целевых продуктов;
- изучение динамики изменения структурно-механических характеристик продуктов на различных этапах технологического цикла, с целью выявления рациональных точек приложения воздействий, их видов и режимов, для целенаправленного управления свойствами получаемого продукта;
- комплексный анализ влияния физико-химических и структурно-механических особенностей сырья в процессе обработки технические характеристики целевых продуктов, для создания обобщённой теории переработки ГСО;
- изучение взаимосвязей между видами и интенсивностью процессов измельчения и физико-механической активацией гипсосодержащего сырья и целевых продуктов, с учётом динамики изменения их свойств на различных этапах технологического цикла;
- 3d моделирование технологического процесса переработки гипсосодержащих отходов;
- создание конструкторской документации технологического комплекса.

**5) Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева» (РХТУ имени Д. И. Менделеева)**

Учредителем ВУЗа является Российская Федерация. Функции и полномочия учредителя ВУЗа осуществляет Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Руководитель – ректор, доктор химических наук, профессор Мажуга Александр Георгиевич.

Адрес: Россия, 125047, г. Москва, Миусская площадь, д. 9

Тел: +74999788733, E-mail: rector@muctr.ru

Ведущий химико-технологических ВУЗ РФ, научный коллектив которого имеет большой опыт в области решения фундаментальных и прикладных задач в самых актуальных направлениях химической науки, а также в области решения проблем охраны окружающей среды

В задачи РХТУ имени Д. И. Менделеева в рамках реализации данного проекта будет входить:

- разработка технологии извлечения РЗЭ из фосфогипса;
- разработка технологии извлечения церия в виде 99 цериевого продукта и перевод его в востребованные товарные формы (оксиды с определенным гранулометрическим составом, карбонаты, перевод части церия в металлическую форму в виде лигатур);
- разработка технологии извлечение 75-80 % лантана в виде 99 лантанового концентрата и перевод в товарные формы аналогично церию.

**6) Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М.В.**

**Ломоносова», Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына (НИИЯФ МГУ).**

Учредителем ВУЗа является Российская Федерация. Функции и полномочия учредителя ВУЗа осуществляет Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Руководитель – директор, доктор физико-математических наук, профессор, Панасюк Михаил Игоревич.

Адрес: Россия, 119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 2.

Тел.: +7(495)939-18-18 Факс: +7(495)939-08-96

Электронный адрес администрации института: info@sinp.msu.ru

Ведущий научно-исследовательский институт по вопросам ядерной физики.

В задачи НИИЯФ МГУ в рамках реализации данного проекта будет входить очистка ряда гипсосодержащих отходов (фосфогипс) от радиоактивных примесей.

**7) Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Белгородский Федеральный аграрный научный центр Российской академии наук (Белгородский ФАНЦ РАН).**

Учредителем является Российская Федерация. Функции и полномочия учредителя ВУЗа осуществляет Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Руководитель – директор центра, доктор сельскохозяйственных наук, Тютюнов Сергей Иванович.

Адрес: Россия, г. Белгород, ул. Октябрьская, д.58

Тел: +7 (4722) 27-64-76; факс: +7 (4722) 27-64-75

Ведущий научный центр Белгородской области земледелья и растениеводства.

В задачи ФАНЦ РАН в рамках реализации данного проекта будет входить:

– разработка научных основ применения удобрений на выщелоченных черноземах с повышенной кислотностью и установление нормативов расхода известковых удобрений для сдвига почвенной кислотности;

– оптимизация дозы, сроков и способов внесения органоминеральных удобрений на основе гипсосодержащего сырья в почву.

– определение закономерностей влияния полученного органоминерального удобрения на плодородие основных культур и влияние компонентов на состав почвы;

– проведение полевых испытаний и получение разрешительной документации на использование полученного органоминерального удобрения.

**8. Потенциальные заказчики комплексного проекта (организации реального сектора экономики, заинтересованные в использовании научных, научно-технических результатов комплексной программы/комплексного проекта и участвующие в выполнении и реализации их мероприятий с целью производства продукции и оказания услуг, а также перечни потенциальных рынков, на которых будут востребованы предлагаемые к разработке и производству продукты и технологии, а также предлагаемые к оказанию услуги**

1. Заводы и предприятия, побочным продуктом производства которых являются гипсосодержащие отходы. Основной спрос данных предприятий на разрабатываемый комплекс обусловлен политикой государства в сфере рационального природопользования. Необходимость утилизации накопленных за долгие годы ГСО, отчуждающие значительные территории и отрицательно влияющие на экологическую обстановку региона, предопределяется в данном случае общегосударственными программами развития общества.

- 1.1. АО "Воскресенские Минеральные Удобрения", г. Воскресенск, Московская область;
  - 1.2. Балаковский филиал АО «Апатит», г. Балаково, Саратовская область;
  - 1.3. ТОО «Казфосфат» горно-перерабатывающий комплекс «Чулактау», г. Каратау, Казахстан;
  - 1.4. ООО "Еврохим-Бму", г. Белореченск, Краснодарский край;
  - 1.5. ОАО «Гомельский химический завод», г. Гомель, Белоруссия;
  - 1.6. K-Technologies, USA, Florida.
2. Сельскохозяйственные предприятия, производящие и использующие органические удобрения.
- 2.1. ООО «Грин Агро», г. Пенза, Пензенская область;
  - 2.2. ООО «АгроХимТехноэкспорт», г. Москва;
  - 2.3. ООО «АГРОСОЮЗ ЧЕРНОЗЕМЬЕ ЦЕНТР», г. Воронеж, Воронежская область.
3. Животноводческие предприятия, имеющие потребность в утилизации органических отходов.
- 3.1. ООО «ЭкоНиваАгро», с. Щучье, Воронежская область;
  - 3.2. ООО «Красноселовское», с. Красноселовка, Воронежская область;
  - 3.3. ООО «Бутово-Агро», с. Бутово, Белгородская область.

## **9. Оценка ресурсов, необходимых для реализации комплексного проекта**

Представители научного коллектива проекта являются высококвалифицированными специалистами, обладающими необходимым объемом знаний и компетенций в области заявляемых отраслей знаний, имеющими опыт в реализации фундаментальных и прикладных работ, в том числе финансируемых за счет различных источников. Коллектив обладает достаточным объемом наработок, в том числе по направлению заявленного проекта, что является основанием для подтверждения достижимости и реализуемости поставленных в проекте целей и задач. Наличие опыта совместной работы подтверждается наличием у членов коллектива совместных публикаций и патентов на изобретения.

### **ООО ИЦ НИУ «БелГУ»**

В структуру ИЦ входят учебно-научная лаборатория информационно-измерительных и управляющих комплексов и систем; НИЛ органического синтеза и ЯМР-спектроскопии; НИЛ экологической инженерии; НИЛ тонкого органического синтеза; НИЛ технологических систем.

### **ООО «Строитель»**

Для реализации проекта в г. Белгороде на базе предприятия по переработке цитрогипса создается испытательный полигон, позволяющий проводить научно-технологические эксперименты по переработке различных типов гипсосодержащих отходов. Для решения научно конструкторских задач будет привлечено оборудование ВУЗов и научно-образовательных учреждений, являющихся партнерами в данном проекте.

### **НИУ «БелГУ»**

В структуру университета входят: девять институтов (106 кафедр, 28 из которых базовые), 2 колледжа, Подготовительный факультет, Старооскольский филиал, 56 научных центров и лабораторий, в том числе 6 международных НИЛ, 2 центра коллективного пользования высокотехнологичным оборудованием, региональный центр интеллектуальной собственности, региональный микробиологический центр НИУ «БелГУ», НИИ Фармакологии живых систем, НИИ материаловедения и инновационных технологий, инжиниринговый центр, 32 малых инновационных предприятия и др.

**БГТУ им. В.Г. Шухова**

В 2016 – 2018 гг. БГТУ им. В.Г. Шухова выполнено более 100 НИОКР по заказам предприятий реального сектора экономики на сумму более 400 млн руб. По результатам выполненных работ поданы заявки на патенты, оформлены ноу-хау.

Среди заказчиков наиболее крупных проектов следующие организации:

АО «Арктическая газовая компания» (Ямало-Ненецкий АО., г. Новый Уренгой; АО «Борисовский завод мостовых металлоконструкций имени В.А. Скляренко» (Белгородская обл., Борисовский р-н, пос. Борисовка); МУП «Горводоканал» (Белгородская область, Алексеевский р-н, г. Алексеевка); НЧОУ ВО «Технический университет УГМК» (Свердловская обл., г. Верхняя Пышма); ООО «Бюджетные и Финансовые Технологии» (Белгородская обл., г. Белгород); ООО «БНЗ - Опытное производство» (Оренбургская область, Светлинский р-н, пос. Светлый); ООО «МежрегионДорМетСнаб» (Воронежская область, г. Воронеж); ООО «Остек-СМТ» (г. Москва); ООО «Региональный центр инжиниринга» (Липецкая обл., г. Липецк); ООО «Теплоэлектромонтаж-Сервис» (Брянская обл., г. Брянск); ООО «Фининвест» (г. Москва); ООО «Цитробел» (Белгородская обл., г. Белгород); ООО «Чистый город» (Воронежская область, Острогожский р-н, г. Острогожск); ООО «ЭКО-Золопродукт инвест» (Рязанская обл., Касимовский р-н, п. Лашма); ПАО «ГМК «Норильский никель» (Красноярский край, Таймырский Долгано-Ненецкий р-н, г. Дудинка); ТОО «Рудненский цементный завод» (Казахстан, г. Рудный) и др.

НИОКР по направлению проекта:

ООО «Цитробел» (Д-15/2016) «Исследование альтернативных российских и зарубежных направлений по переработке и дальнейшему использованию цитрогипса». (01.04.2015-01.09.2016);

ООО «БСО» (Договору № И-41/17 от 08.08.2017) «Проведение исследований, направленных на установление соответствия представленного материала требованиям ГОСТ 125-79»;

ООО «БСО» (Договору № У-141/17 от 08.08.2017) «Проведение экспертизы экологической безопасности предоставленного материала»;

ООО «Строитель» (Договор от 14.09.2020) «Анализ возможных областей использования гипсосодержащих отходов и разработка электронно-цифровой модели комплекса переработки».

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова имеет значительный опыт в области переработки гипсосодержащих отходов, что подтверждается рядом патентов, обладателем которых является ВУЗ, и научных публикаций:

Пат. 2693808 Российская Федерация, МПК С1, С04В 28/14, С04В 14/04, С04В 18/04, С04В 40/00, С04В 11/02, С04В 111/20 Сырьевая смесь для изделий из модифицированного цитрогипса и способ их изготовления; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова. № 2018126092, заявл. 13.07.2018; опубликовано: 04.07.2019.

Пат. 2695313, МП С1, С04В 18/26, С04В 28/14, С04В 111/20, Российская Федерация, Сырьевая смесь для опилкобетона и способ изготовления изделий из опилкобетона; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова, – № 2018126082, заявл. 13.07.2018; опубликовано 23.07.2019.

Пат. 2132310, МП С1, С04 В 28/14, С04В 111/20, Российская Федерация, Способ изготовления гипсовых изделий; заявитель и патентообладатель БГТУ им. В.Г. Шухова, № 97112269/03, , заявл. 16.07.1997; опубликовано 27.06.1999.

Свергузова С.В., Тарасова Г.И., Чернышева Н.В., Черныш Л.И. Теоретическое обоснование возможности безобжиговой дегидратации цитрогипса // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2010. № 2. С. 117–121.

Свергузова С.В., Чернышева Н.В., Черныш Л.И., Шамшуров А.В. Влияние условий обработки цитрогипса на состав получаемого гипсового вяжущего // Строительные материалы. 2010. №7. С. 31–32.

Лукиянова А.Н., Старостина И.В. Строительные композиционные материалы на основе модифицированных гипсовых вяжущих, полученных из отходов производства // Фундаментальные исследования. 2013. № 4-4. С. 818-822; URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=31278> (дата обращения: 13.08.2019).

Едаменко А.С., Клименко В.Г. О возможности использования техногенного сырья в производстве строительных материалов // Технологии техносферной безопасности. 2013. № 1 (47).

Свергузова С.В., Чернышева Н.В., Мтибаа М. Возможности переработки фосфогипса тунисских химических заводов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2009. №2. С. 9–10.

Для проведения исследований будет использоваться материально-техническая база лаборатории кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций; материаловедения и технологии материалов, НИЛ «Технологии переработки гипсосодержащих отходов», а также Центра коллективного пользования (ЦКП), «Центр высоких технологий БГТУ им В.Г. Шухова» (функционирование ЦКП согласно приказа Министра образования РФ № 533 начато с 22 февраля 2000 г. <http://ckp-rf.ru/ckp/3248/>).

Проведение научных исследований в рамках проекта планируется в следующих лабораториях БГТУ им. В.Г. Шухова:

«Лаборатория композиционных материалов»;

«Лаборатория сухих строительных смесей»;

«Лаборатория гидротермального синтеза»;

«Лаборатория механохимического синтеза и современных методов диспергирования»;

«Учебно-научно-исследовательская лаборатория технологических комплексов и оборудования»;

«Лаборатория долговечности композиционных материалов»;

«Научно-исследовательская лаборатория синтеза и исследования наносистем»;

«Лаборатория технических средств и физических методов исследований»;

«ИК-спектроскопия и дисперсионный анализ»;

«Лаборатория высокотемпературного синтеза»;

«Учебно-исследовательская лаборатория поверхностных явлений и дисперсных систем»;

«Лаборатория рентгеноструктурного анализа»;

«Аналитический Центр химического анализа водных сред и строительных материалов».

При выполнении проекта в указанных лабораториях будет применяться следующее оборудование и методы исследования:

– методы измерения дисперсности (центрифуга лабораторная Liston C2205; грохот вибрационный Гр 30 с комплектом сит КСИ; лазерный анализатор Zetatrac; спектрофотометр LEKI SS-1207; анализатор гранулометрического состава порошков методом широкоугольного статического светорассеяния Frisch Analysette 22 Nano Tec Plus);

– методы определения активной удельной поверхности и пористости материалов (пикнометр Русномат АТС с автоматической регулировкой температуры; приборы для определения удельной поверхности «Sorbi» методом БЭТ, методом воздухопроницаемости, компьютерный многофункциональный прибор ПСХ-12); необходимость определения двух выше обозначенных показателей для исходного сырья и синтезированных вяжущих обусловлено влиянием их на водопотребность и, как следствие, процессы структурообразования и физико-механические характеристики конечных изделий;

– рентгеновские методы и метод термического анализа фазового состава исходного сырья и синтезированного вяжущего на его основе, а также гипсового камня (рентгенофлуоресцентный спектрометр серии ARL 9900 WorkStation с встроенной системой дифракции; рентгеновский дифрактометр ARL X'TRA, Прибор синхронного термического анализа STA 449 F1 Jupiter®);

– сканирующая и атомно-силовая микроскопия (сканирующий электронный микроскоп высокого разрешения TESCAN MIRA 3 LMU, включающий энергодисперсионный спектрометр (ЭДС) X-MAX 50 Oxford Instruments NanoAnalysis); будет применяться с целью изучения морфологических особенностей, размера и элементного состава исходного сырья, синтезированного вяжущего и конечных изделий, что поможет выявить закономерности влияния генезиса и рецептурно-технологических параметров на процессы синтеза вяжущего и характеристики изделий на их основе.

– комплекс смесительного оборудования (растворосмеситель лабораторный Matest E095, смеситель для сухих порошков «Турбула»; верхнеприводные мешалки со сменными лопастями: ES-8300, ES-8400, Ika RW 16, Eurostar 20 High speed digital; лабораторный смеситель Silverson L5 и др.), для замеса и изготовления вяжущих систем;

– методы для исследования реологических свойств суспензий (ротационные вискозиметры: Rheotest RN4.1 с комплектом мешалок и сенсоров; кинематический вискозиметр Thomson TV 4000; вискозиметр Брукфильда DV-II+ Pro; вискозиметр Viscoload One); будет применяться с целью выявления закономерностей изменения влияния генезиса сырья на реологические характеристики вяжущих на их основе;

– пресс гидравлический ПГМ-50МГ4; будет применяться при определении механических характеристик (прочность на сжатие, прочность на изгиб) образцов полученных из синтезированных гипсовых вяжущих;

– муфельная печь LF 7/13-G2; синтез вяжущего путем термической обработки гипсосодержащего сырья различного генезиса;

– стандартное лабораторное оборудование для проведения испытания вяжущих, полученных из гипсосодержащих отходов по ГОСТ 23789-79 «Вяжущие гипсовые. Методы испытаний»

– стандартное лабораторное оборудование для проведения оценки грибной и бактериальной обсемененности, с целью выявления данного показателя у исходного сырья и синтезированного вяжущего;

В университете установлено программное обеспечение Siroquant, которое предназначено для количественного фазового анализа дифрактограмм. Частью программного обеспечения является база данных кристаллических структур, которая содержит информацию о более чем 1700 распространенных соединениях. Для проведения количественного полнопрофильного РФА используют базу кристаллоструктурных данных ICSD, для выполнения рентгенометрической идентификации кристаллических веществ – базу дифракционных данных ISDD в формате PDF-2. Также имеется база данных КР-спектроскопии минералов RRUFF и база термодинамических данных на основе пакета программ HSC.

Команда проекта от БГТУ им. В.Г. Шухова имеет опыт совместного выполнения научных проектов, публикаций и патентов, в том числе по тематике проекта.

№	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, ученое звание, должность	Опыт руководства (участия) в выполнении НИОКР	Общее количество научных трудов	Наличие / в том числе по профилю проекта

1.	Алфимова Наталия Ивановна	Кандидат технически наук, доцент, доцент кафедры строительного материаловедения , изделий и конструкций, руководитель НИЛ «Технология переработки гипсосодержащих отходов»	<p>– Руководитель: ООО «Строитель» (Договор от 14.09.2020) «Анализ возможных областей использования гипсосодержащих отходов и разработка электронно-цифровой модели комплекса переработки».</p> <p>– Исполнитель: Договор № 22/20 от 21.07.2020 «Разработка технологии строительной печати с использованием локализованной сырьевой базы»</p> <p>– Исполнитель: Рамочная программа БРИКС по научно- технологическому и инновационному сотрудничеству в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно- технологического комплекса России на 2014–2020 годы» по теме проекта «Разработка высокоплотных функциональных материалов на основе композиционных вяжущих с использованием комплексных полидисперсных фибросодержащих модификаторов». Идентификационный номер: RFMEFI58317X0063,</p> <p>– Руководитель: Грант Президента № 14.124.13.5667- МК: "Повышение эксплуатационных характеристик бетонных и железобетонный изделий и конструкций на композиционных</p>	118	10/4
----	---------------------------------	--	---	-----	------

			<p>вяжущих и техногенных песках за счет дисперсного и внешнего армирования"(2013-2014).</p> <p>– Руководитель: Научно-исследовательская работа «Повышение эффективности производства стеновых материалов за счет использования термоактивированного алюмосиликатного сырья», (В рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012-2014)</p> <p>– Исполнитель: Научно-исследовательская работа: «Разработка теоретических основ получения высококачественных бетонов нового поколения с учетом генетических особенностей нанодисперсных компонентов» (В рамках тематического плана НИР БГТУ им. В.Г. Шухова, проводимого по заданию Федерального агентства по образованию; сроки выполнения – 2010–2014 гг.; организация-исполнитель – Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова).</p> <p>– Исполнитель: «Разработка научных и практических основ создания композиционных вяжущих на основе техногенного сырья с целью производства фибробетона для ремонтных работ»</p>		
--	--	--	--	--	--

			(ФЦП, соглашение № 14.В37.21.1487) Исполнитель: ООО «БСО» (Договору № И-41/17 от 08.08.2017) «Проведение исследований, направленных на установление соответствия представленного материала требованиям ГОСТ 125-79».		
2.	Елистраткин Михаил Юрьевич	Кандидат технических наук, доцент, кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций	<p>– Исполнитель: ООО «Строитель» (Договор от 14.09.2020) «Анализ возможных областей использования гипсосодержащих отходов и разработка электронно-цифровой модели комплекса переработки».</p> <p>– Исполнитель: Договор № 22/20 от 21.07.2020 «Разработка технологии строительной печати с использованием локализованной сырьевой базы»</p> <p>– Исполнитель: Проект в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2017-2021 годы "Разработка и изготовление малоформатной лабораторной установки для двух и трёх осевой строительной печати",</p> <p>– Руководитель: Договор № А-25/17 от 27 апреля 2017 года; руководитель; сроки реализации апрель 2017 г - декабрь 2019 г.</p> <p>– Исполнитель: Научный проект РФФИ №18-29-24113 "Трансдисциплинарность – как теоретическая основа рационального использования техногенного сырья для энергоэффективных технологий</p>	72	1/1

			<p>производства строительных композитов нового поколения".</p> <p>Исполнитель: Научный проект РФФИ №18-03-00352 "Техногенный метасоматоз в строительном материаловедении - как основа проектирования композитов будущего".</p>		
3	Агеева Марина Сергеевна	Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры строительного материаловедения, изделий и конструкций	<p>– Исполнитель: ООО «Строитель» (Договор от 14.09.2020) «Анализ возможных областей использования гипсосодержащих отходов и разработка электронно-цифровой модели комплекса переработки».</p> <p>– Исполнитель: Рамочная программа БРИКС по научно-технологическому и инновационному сотрудничеству в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» по теме проекта «Разработка высокоплотных функциональных материалов на основе композиционных вяжущих с использованием комплексных полидисперсных фибросодержащих модификаторов». Идентификационный номер: RFMEFI58317X0063</p> <p>– Исполнитель: «Разработка методологии проектирования мелкозернистых фибро-</p>	69	0

			<p>текстиль бетонов на техногенных песках Белгородской области» Конкурс 2014-2016 гг. года проектов ориентированных фундаментальных исследований по междисциплинарным темам, проводимый совместно федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский фонд фундаментальных исследований» и Правительством Белгородской области</p> <p>Исполнитель: «Изучение воздействия деформационного отжига в условиях градиентного поля температур на процессы структурообразования в тонких пленках». Конкурс 2014-2016 гг. проектов ориентированных фундаментальных исследований по междисциплинарным темам, проводимый совместно федеральным государственным бюджетным учреждением «Российский фонд фундаментальных исследований» и Правительством Белгородской области</p>		
4.	Кожухова Наталья Ивановна	Кандидат технических наук, доцент	<p>– Исполнитель: ООО «Строитель» (Договор от 14.09.2020) «Анализ возможных областей использования гипсосодержащих отходов и разработка электронно-цифровой модели комплекса переработки».</p> <p>– Стипендия Президента Российской Федерации, осуществляющим перспективные научные исследования и</p>	128	2/0

			<p>разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики с темой научного исследования «Влияние фазово-размерной гетерогенности природных наполнителей на характеристики дорожных композиционных материалов на основе битума» (2017-2020 гг.);</p> <p>Исполнитель: Рамочная программа БРИКС по научно-технологическому и инновационному сотрудничеству в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» по теме проекта «Разработка высокоплотных функциональных материалов на основе композиционных вяжущих с использованием комплексных полидисперсных фибросодержащих модификаторов».</p> <p>Идентификационный номер: RFMEFI58317X0063</p>		
5.	Лебедев Михаил Сергеевич	Кандидат технических наук, доцент	<p>– Руководитель: Грант в рамках реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова по теме «Разработка принципов модифицирования алюмосиликатного сырья для расширения сырьевой базы минеральных порошков битумо-минеральных композиций» (2012 г.).</p> <p>– Руководитель: Грант в рамках</p>	44	2/0

			<p>реализации Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова по проекту «Управление процессами структурообразования некомпозитов с учетом применения прото- и сингенетических наносистем» (2013–2015 гг.), исполнитель;</p> <p>«Методологические принципы проектирования жаростойких строительных материалов на основе композиционного наноструктурированного гипсового вяжущего» (2014 г.),</p> <p>– Стипендия Президента Российской Федерации, осуществляющим перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики с темой научного исследования «Влияние фазово-размерной гетерогенности природных наполнителей на характеристики дорожных композиционных материалов на основе битума» (2015-2017 гг.);</p> <p>– Руководитель: Государственное задание Министерства образования и науки РФ на 2017- 2019 гг. по теме «Технология конструкционных и функциональных неметаллических материалов и композитов»,</p> <p>Исполнитель: ООО «Строитель» (Договор от</p>		
--	--	--	---	--	--

			14.09.2020) «Анализ возможных областей использования гипсосодержащих отходов и разработка электронно-цифровой модели комплекса переработки».		
6.	Анцифиров Сергей Игоревич	Кандидат технических наук, директор ИЦПАТ и PLM систем Технопарка БГТУ	<p>– Исполнитель: ООО «Строитель» (Договор от 14.09.2020) «Анализ возможных областей использования гипсосодержащих отходов и разработка электронно-цифровой модели комплекса переработки».</p> <p>– Исполнитель: Договор № 22/20 от 21.07.2020 «Разработка технологии строительной печати с использованием локализованной сырьевой базы»</p>	44	4/4
7.	Пириева Севда Юнисовна	аспирант	– Исполнитель: ООО «Строитель» (Договор от 14.09.2020) «Анализ возможных областей использования гипсосодержащих отходов и разработка электронно-цифровой модели комплекса переработки».	4	2/2

**Российский химико-технологический университет имени Д. И. Менделеева (РХТУ имени Д. И. Менделеева)**

Обладает всей необходимой научной базой, опытом и высокой квалификацией персонала для реализации части проекта связанной с проведением НИОКР по исследованию процесса извлечения и разделения РЗЭ а так же с разработкой промышленной технологии.

**Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Научно-исследовательский институт ядерной физики имени Д.В. Скобельцына (НИИЯФ МГУ).**

Имеет необходимую научную базу для разработки и реализации технологии очистки и утилизации радиоактивных примесей, получаемых в результате промышленной переработки гипсосодержащих отходов.

**Белгородский Федеральный аграрный научный центр Российской академии наук (Белгородский ФАНЦ РАН).**

Ресурсы Белгородского Федерального аграрного центра Российской академии наук позволяют проводить любые полевые испытания по экспериментальному определению

эффективности полученных органоминеральных удобрений на урожайность культур на различных видах почв.

### 10. Предложения об источниках финансирования комплексного проекта

№	Этапы реализации комплексного проекта	Предполагаемые источники финансирования	Всего, (млн. рублей)	В том числе по годам			
				1-й год	2-й год	3-й год	4-й год
1	Проведение НИОКР для получения необходимой информации по технологическим режимам переработки и использованию гипсосодержащих отходов при получении органоминеральных удобрений на основе отходов животноводческих предприятий	средства федерального бюджета	340	100	240		
		внебюджетные источники	100	50	50		
2	Создание уникальной экспериментальной промышленной установки для определения технико-экономических показателей переработки гипсосодержащих отходов из различных источников. Разработка оборудования и технологии производства	средства федерального бюджета	50	25	25		
		внебюджетные источники	50	25	25		
3	Создание опытно экспериментального производства по переработке фосфогипса мощностью 100000 тонн в год, обеспечивающих возможность получения компонентов для производства органоминеральных удобрений	средства федерального бюджета	200			200	
		внебюджетные источники	200			200	
4	Создание опытно экспериментального производства по получению органоминеральных удобрений мощностью 100000 тонн в год	средства федерального бюджета	150			150	
		внебюджетные источники	150			150	
5	Создание опытно экспериментального производства по переработке	средства федерального бюджета	150				150

	концентратов полезных элементов, полученных в результате переработки гипсосодержащих отходов (редкоземельные металлы, ванадий, стронций, фосфор и т.д)	внебюджетные источники	150				150
б	Развитие распределенного комплекса по переработке гипсосодержащих отходов предприятий химической промышленности путем привлечения новых участников-потребителей технологии (в том числе зарубежных)	средства федерального бюджета	25			20	5
		внебюджетные источники	5			5	
Итого:			1570				
Итого по бюджетным источникам:			915				
Итого по внебюджетным источникам:			655				

Директор ИЦ НИУ «БелГУ», к.ф.-м.н.

(Уполномоченное лицо)

\_\_\_\_\_

(подпись)

Никулин И.С.

(ФИО полностью)

Дата составления заявки: «11» сентября 2020 г.