



**Лыгач В.Н.**  
к.т.н., академик РАЕН,  
ген. директор ООО «НТЦ «ИКИМСО»  
victor-gogb@yandex.ru



**Лыгач А.В.**  
к.т.н., ст.науч.сотр.,  
ООО «НТЦ «ИКИМСО»  
victor-gogb@yandex.ru

## ФОСФАТНО-СЫРЬЕВАЯ БАЗА РОССИИ И ЕЕ РОЛЬ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ, А, СЛЕДОВАТЕЛЬНО, ПРОДОВОЛЬСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СТРАНЫ

*Показана роль фосфора, а, следовательно, фосфорсодержащих минеральных удобрений для повышения урожайности сельскохозяйственной продукции и улучшения его качества. Недостаток в почвах фосфора способствует их деградации, исчезновению гумусового слоя, а, следовательно, и низкой урожайности таких почв. Основным источником для получения вышеуказанных удобрений, являются фосфорсодержащие руды, запасов которых в Российской Федерации достаточно, чтобы обеспечить в них потребности страны. Фосфатное сырье в России представлено кроме дефицитных апатитовых руд Кольского полуострова бедными труднообогатимыми фосфоритами, для которых требуются технологии получения из них концентратов, пригодных для химической переработки на фосфорную кислоту и концентрированные фосфорсодержащие водорастворимые удобрения. К таким рудам в Российской Федерации относятся в основном желваковые и ракушечные фосфориты, на базе которых из-за дефицита апатитовых руд целесообразно создание соответствующих ГОКов. Для этого необходимо: для желваковых руд – разработать эффективную технологию глубокого обогащения желваковых фосфоритов, обеспечивающих получение из них фосфоритного концентрата, содержащего более 28,0 %  $P_2O_5$  и фосфоритной муки, содержащей более 19 %  $P_2O_5$ , а также глауконитового концентрата, содержащего 5-6 %  $K_2O$  и различной кварцсодержащей продукции; для ракушечных фосфоритов – усовершенствованную технологию их обогащения с получением фосконцентрата содержащего более 30 %  $P_2O_5$ , доломитовых гравия и муки, фосфордоломитового удобрения и кварцевой продукции различного назначения.*

**Ключевые слова:** фосфор, фосфорсодержащие руды, минеральные удобрения, плодородие почв, урожайность сельскохозяйственной продукции, апатитовые руды, фосфоритные руды Кольского полуострова, ракушечные фосфориты, желваковые фосфориты, прибалтийские ракушечные руды, Кингисепское месторождение.



Продовольственная безопасность страны требует обеспечения сельского хозяйства необходимым количеством фосфор содержащих минеральных удобрений, т.к. от этого зависит урожайность и качество сельскохозяйственной продукции. Это обусловлено низким содержанием в сельскохозяйственных угодьях фосфора, который особенно необходим растениям, являясь основой их энергетической деятельности. Любой живой организм не может существовать без азота, калия, и, особенно, фосфора, который называют «элементом жизни», т.к. он является составной частью белка любой живой клетки. На питание сельскохозяйственных растений направляется 95 % добываемого в мире фосфора, и это количество будет постоянно расти. Все это указывает на то, что на удовлетворение потребности сельского хозяйства в фосфоре требуется соответствующая фосфатно-сырьевая база, являющаяся основным источником для производства соответствующих фосфорсодержащих минеральных удобрений. [1-6]

Особенно остро вопрос о дефиците фосфора в почвах, а, следовательно, и с проблемой фосфатно-сырьевой базы, стоит во многих странах мира. Из интернета известно, что международная научная группа спрогнозировала всему населению планеты новую катастрофу из-за острого дефицита фосфора. Об этом пишут LIVE24 от 8 октября 2019 г. и Lenta.ru с ссылкой на издание Science Alert (**Science Alert** – просветительное сообщество, повествующее о последних достижениях науки и техники). Ученые отмечают, что одной из причин дефицита фосфора, а, следовательно, и минеральных удобрений, является значительный спрос на них из-за роста численности населения. За последние 50 лет количество используемых минеральных удобрений увеличилось в 50 раз, а к 2050 году они прогнозируют увеличение спроса на них еще в 2 раза. При этом отмечается, что если ничего не будет сделано для сохранения важнейшего химического элемента, то запасы фосфора уже в ближайшей перспективе могут истощиться, а это – голод.

Низкое плодородие большей части почв в нашей стране, а, следовательно, и невысокая, в связи с этим, урожайность сельскохозяйственных культур, явились следствием древнего оледенения, в результате которого на широких просторах России сформировались дреново-подзолистые и серые лесные почвы, характеризующиеся пониженным содержанием фосфора и повышенной кислотностью. Недостаток в таких почвах фосфора способствует их деградации, исчезновению гумусового слоя, а, следовательно, и низкой урожайности сельскохозяйственной продукции. Для повышения урожайности таких почв требуется внесение в них минеральных удобрений, и особенно фосфорсодержащих. [7-9]

Непрерывно растущие потребности народного хозяйства в фосфорных удобрениях требуют соответствующих фосфорсодержащих руд, балансовых запасов которых в настоящее время вполне достаточно, чтобы полностью обеспечить текущие и перспективные потребности страны. Однако значительная часть из них представлена бедным и труднообогатимым сырьем, расположенным в отдаленных и труднодоступных регионах, в связи с чем для их освоения требуется разработка новых эффективных технологий добычи и обогащения, больших капитальных вложений и эксплуатационных затрат. Фосфатное сырье в нашей стране характеризуется невысоким качеством. Если фосфориты наиболее богатых этим сырьем стран – США, Марокко, Алжир, Иордания и др. содержат от 26 до 34 %  $P_2O_5$ , то фосфатное сырье в нашей стране содержит 6-13%  $P_2O_5$ . Перспектив же открытия богатых фосфором руд пока отсутствует. Более того, содержание  $P_2O_5$  в фосфатном сырье будет непрерывно снижаться, в связи с вовлечением в разработку бедных руд (3-8%  $P_2O_5$ ) и к 2025 году в среднем составит примерно 10%. [10-13]

В настоящее время исходным сырьем для производства таких удобрений являются легко обогатимые, богатые фосфором, апатитовые руды Кольского полуострова, т.к. только из них производится кислотным методом высокоэффективное водорастворимое удобрение. Однако, ориентация на богатые Кольские апатитовые руды из-за ограниченности их запасов, объемов добычи и её достаточно высокой стоимости, в конечном итоге придет к снижению объемов производства апатитового концентрата, а, следовательно, и к снижению урожайности сельскохозяйственной продукции. Поэтому расширение фосфатно-сырьевой базы, а, следовательно, увеличение добычи и переработки фосфатного сырья будет базироваться на использовании бедных фосфоритовых руд, прежде всего, желваковых и ракушечных фосфоритов, т.к. роль апатитов в обозримом будущем несколько уменьшится. По прогнозам экспертов после 2030 г. вследствие уменьшения количества богатых фосфором запасов апатитовых руд на разведанных месторождениях Кольского полуострова, возможно снижение объемов производства апатитового концентрата, что негативно приведет к дефициту сырья для фосфорсодержащих удобрений, а, следовательно, росту цен на фосфатное сырье и фосфорсодержащие удобрения. В связи с этим уже сегодня необходимо принять меры для масштабного привлечения в производство более бедных в сравнении с апатитовыми рудами желваковых и ракушечных фосфоритов Центральных регионов России, запасы которых составляют более 5 млрд. тонн.

Для решения этой проблемы необходимо разработать эффективную технологию глубокого обогащения труднообогатимых, бедных фосфором, фосфоритных руд с получением из них не только 19% по  $P_2O_5$  фосфоритной муки, но и фосфоритных концентратов, пригодных для химической переработки на фосфорную кислоту и сложные водорастворимые минеральные удобрения, т.к. необогащенные желваковые и ракушечные фосфориты из-за низкого содержания в них фосфора и высокого содержания вредных примесей, не пригодны без обогащения для производства высококачественных минеральных удобрений.

В настоящее время в лабораторном масштабе нами разработана такая технология для глубокого обогащения желваковых фосфоритов, которая обеспечивает получение из нее фосконцентрата, содержащего 28,3%  $P_2O_5$ , фосфоритной муки, содержащей 19-22%  $P_2O_5$ , глауконитового концентрата, содержащего 5-6%  $K_2O$  и различной кварцсодержащей продукции. [14-17] С помощью такой технологии могут быть вовлечены в промышленное освоение руды наиболее крупных Егорьевское, Вятско-камское и Полпинское месторождения желваковых фосфоритов, на базе которых ранее функционировали крупные ГОКи, производящие на уровне 4 млн т 19% по  $P_2O_5$  фосфоритной муки – простейшего, природного, экологически чистого минерального удобрения. Кроме того, путем создания небольших мобильных и стационарных горно-обогачительных производств возможно вовлечение в промышленное освоение и малых месторождений желваковых фосфоритов, общее количество которых в центральных регионах России превышает 50. На базе вышеуказанных крупных и особенно малых месторождений желваковых фосфоритов возможно в короткие сроки осуществить производство 3,0 млн и 1,5 млн т более 16% по  $P_2O_5$  фосфоритной муки соответственно.

Большой практический интерес для промышленности по производству минеральных удобрений представляют также и ракушечные фосфориты. [8] Основные месторождения ракушечных фосфоритных руд в России сосредоточены в Прибалтийском фосфоритноносном бассейне, который протягивается широкой полосой вдоль Финского залива, пересекая Ленинградскую область и Эстонию.

Важное географическое положение этого бассейна, значительные запасы фосфорсодержащих руд, простой их вещественный состав, достаточно легкая обогатимость, небольшая глубина залегания рудного тела, а также целый ряд и других положительных факторов, создают хорошие предпосылки для эксплуатации фосфоритных месторождений Прибалтики.

Основные запасы ракушечных фосфоритов в Ленинградской области сосредоточены на Кин-

гисеппском и Молосковицком месторождениях, а также Елизаветинском перспективном участке фосфоритов. Кроме того, на восточном, южном и юго-западном флангах Кингисеппского месторождения выявлены запасы и ресурсы фосфоритноносных пород в количестве 48,8 млн. тонн  $P_2O_5$  при среднем содержании  $P_2O_5$  в пласте 5,77% (глубина залегания пласта в среднем – 35 м, а на флангах колеблется в пределах 45-100 м). Наряду с этим, в полосе между г. Кингисепп и реки Сясь на востоке области, выявлено 9 небольших месторождений с суммарными запасами 40 млн. тонн  $P_2O_5$  при глубине залегания полезной толщи менее 35 м и имеющую среднюю мощность по месторождениям в пределах 1,7-3,9 м, а содержание  $P_2O_5$  в пласте от 4,1 до 7,7%.

Кингисеппское месторождение ракушечных фосфоритов является одним из крупнейших не только в прибалтийском бассейне, но и в России. Балансовые запасы руд по этому месторождению по категории А+В+С1 составляют более 200 млн. тонн (примерно 16 млн. тонн  $P_2O_5$ ) со средним содержанием  $P_2O_5$  около 7%. Общие же запасы руды в проектных контурах карьеров с учетом «пассивных» запасов фосфоритов в целиках вдоль транспортных коммуникаций, газопроводов, линий электропередач обеспечит функционирование карьеров в течение более 50 лет, при сохранении проектного уровня в 6,5 млн. тонн руды в год производства. Доля таких «пассивных» запасов руды на Кингисеппском месторождении составляет 50% от всех его запасов. Кроме того, следует иметь в виду, что на Кингисеппском месторождении имеются фосфаты на глубине более 35 м, т.е. за пределами проектного контура открытых горных работ, которые не учитывались при подсчете запасов. Следует отметить также, что на южном участке этого месторождения утверждены запасы кварцевых песков для различного назначения и торфа.

Молосковицкое месторождения ракушечных фосфоритов, также, как и Кингисеппское, относится к достаточно крупным. Разведанные запасы полезного компонента на оконтуренной площади месторождения по категории С<sub>2</sub> составляет 14 млн. тонн  $P_2O_5$ , при среднем содержании пятиоксида фосфора 8,8%. Кроме того, на площади 55 км<sup>2</sup> подсчитаны ресурсы по категории Р<sub>1</sub> со средним содержанием  $P_2O_5$  в руде 7,75% в количестве 12 млн. тонн. На Молосковицком месторождении продуктивный пласт фосфоритов, мощностью в среднем 2,6м, залегает на глубине 97-115 м от поверхности и характеризуется средним содержанием  $P_2O_5$  по скважинам от 6 до 18% при низком магниевым и железистым модулях (менее 0,13), а также отсутствием внутренней вскрыши и легкой обогатимостью, позволяющей получать концентраты с содержанием до 30%  $P_2O_5$ .

На Елизаветинском участке пласт фосфоритов мощностью около 2 м с содержанием  $P_2O_5$  не менее 6% занимает площадь около 105 км<sup>2</sup>. Из них на площади 67 км<sup>2</sup> прогнозные ресурсы по категории  $P_2$  фосфоритоносного пласта, залегающего на глубине 120-135 м со средней мощностью не менее 1,3 м и содержанием  $P_2O_5$  около 8%, составляют 12,6 млн. тонн  $P_2O_5$ . При этом продуктивный пласт характеризуется низким магниевым и железистым модулями (не более 0,1).

Отличительной особенностью руд Прибалтийских ракушечных месторождений является предпочтительная концентрация доломитизированных песчаников в классе +2 мм (примерно 50%), фосфоритных ракушек в классе -0,2+0,5 мм, в которых содержание  $P_2O_5$  достигает 20%, а в классах -0,5+0,18 мм свободных зерен кварца (до 80%), и в -0,18 мм совместно с фосфатом – карбонатов. Из этого следует, что для таких руд характерен относительно простой их минеральный состав, крупное вкрапление минералов, обособленность зерен фосфата и кварца при значительном их размере, небольшое содержание доломита и глинистых веществ и существенные различия физико-химических свойств зерен фосфата и кварца, т.е. основных разделяемых минералов. Эти факторы определяют достаточно эффективное обогащение таких руд при применении сравнительно простых схем и режимов. Руды Прибалтийских фосфоритов представлены в основном, фосфорсодержащей ракушкой (16-29,5%), доломитом (1,0-7,7%), кварце (60-68%) и другими сопутствующими минералами. Именно поэтому из таких руд одновременно с фосфатом легко извлекаются самостоятельные товарные продукты доломит и кварц, обеспечивая тем самым комплексное их использование.

Фосфат в ракушечных фосфоритах представлен фтор-карбонат-апатитом, содержание  $P_2O_5$  в котором колеблется от 33 до 35%  $P_2O_5$ , что значительно ниже, чем в Кольских апатитах. Это указывает на то, что при обогащении таких руд, полученный из них фосфоритный концентрат не будет превышать 35%  $P_2O_5$ .

На базе Кингисеппского месторождения ракушечных фосфоритов в бывшем СССР был создан горно-обогатительный комбинат ПО «Фосфорит», проектная мощность по исходной руде которого, составляла примерно 7 млн. тонн в год. Обогащение фосфоритной руды, содержащей 6-8%  $P_2O_5$  успешно осуществлялось на обогатительной фабрике с получением из нее примерно 1,4 млн. тонн фосфоритного концентрата, содержащего 27-28%  $P_2O_5$ .


Обогащение Кингисеппских фосфоритов на этой фабрике осуществлялось по технологии ГИГХСа, в основе которой была положена флотация

фосфата из измельченной до крупности -0,18 мм и обесшламленной по классу 0,040 мм исходной руды с получением из нее фосконцентрата вышеуказанного качества при извлечении  $P_2O_5$  в концентрат на уровне 70-80%. В Советский период времени, т.е. при плановой экономике, когда показатели переработки фосфорсодержащих ГОКов рассчитывались средними по отрасли, Кингисеппский ГОК считался рентабельным. При переходе страны на рыночную экономику, производимая в начале 2000-х годов на Кингисеппском ГОКе фосфорсодержащая продукция вышеуказанного качества при цене на нее на тот период времени была убыточной, в связи с чем, производство фосконцентрата на этом предприятии было прекращено, а сам ГОК был полностью ликвидирован.

В результате в настоящее время производство минеральных удобрений в нашей стране базируется, как указывалось выше только на богатых апатитовых рудах Кольского полуострова. Однако, учитывая ограниченность запасов последних, необходимо для обеспечения продовольственной безопасности страны освоение и прибалтийских ракушечных фосфоритов, и в первую очередь, Кингисеппского месторождения. Для этого требуется создание принципиально новых экономически целесообразных и экологически чистых технологий добычи и переработки таких руд, которые обеспечивали бы, во-первых, получение высококачественных фосконцентратов, при максимально возможном извлечении полезного компонента и при минимально возможной себестоимости конечного продукта, и во-вторых, комплексное использование сырья. В этом аспекте Институтом комплексного использования минерального сырья и отходов («НТЦ «ИКИМСО») разработана принципиально новая флотационная технология обогащения таких руд с применением для флотации фосфата реагентов многофункционального действия. Применение таких реагентов в собирательной смеси, используемой ранее на Кингисеппской обогатительной фабрике, позволяют получать из руды, содержащей 6-7%  $P_2O_5$  фосконцентрат, содержащий от 30 до 34%  $P_2O_5$ , при извлечении  $P_2O_5$  в концентрат свыше 80%. Один из таких реагентов, типа ОКР, был испытан на пробах измельченной мокрым способом руды и крупнозернистого фабричного концентрата. Эти исследования показали, что в случае подачи во флотационный процесс совместно с фабричной собирательной смесью, модифицированного полисахарида, т.е. реагента ОКР, в количестве от 5 до 50 г/т, был получен фосконцентрат, содержащий от 31 до 34%  $P_2O_5$ , при извлечении свыше 80%. Кроме того, эти опыты показали, что, во-первых, такие результаты были получены также при флотации фосфата из необесшламленной пульпы, а

во-вторых, при использовании ОКР более, чем в 2 раза снижается расход аполярного реагента (кросина) в собирательной смеси. Этот реагент с положительными результатами был испытан ранее в ЦЗЛ ОАО «Фосфорит». В настоящее время в ООО «НТЦ «ИКИМСО» имеются и более эффективные реагенты многофункционального действия, которые успешно проверены, как на апатитовых, так и на различных фосфоритовых рудах.

В связи с вышеизложенным, считаем, что на основании результатов выполненных исследо-

ваний ООО «НТЦ «ИКИМСО» существует реальная перспектива создания высокоэффективных малоотходных производств на базе желваковых и ракушечных фосфоритов вышеуказанных месторождений. Осуществление этих проектов будет способствовать реализации программы развития сельского хозяйства центральных регионов России путем его химизации, повышению урожайности и качества сельскохозяйственной продукции, а, следовательно, и решение проблемы обеспечения населения страны продуктами питания. 

#### Литература

1. Филько А.С. и др. «Фосфатные руды России» Минеральные ресурсы России, - М. 1994, - №5 – с. 18-25
2. Киперман Ю.В., Филько А.С. «Фосфатное сырье: Перспективы удовлетворения народно-хозяйственной потребности» Горный вестник АГН, Специальный выпуск '96 проблемы фосфатной геологии. – М. 1995. – с. 50-53
3. Файзулин Р.М. и др. «Диагностика фосфатно-сырьевой базы Российской Федерации. Возможность ее освоения и развитие в рыночных условиях» Сборник материалов Всероссийского симпозиума «Проблемы фосфатного сырья» (секция литологии фосфатных формаций РАН) – Люберцы. 1996. – с. 11-19
4. Тимченко А.И. «Ресурсы горно-химического сырья и продовольственная безопасность России – возможность ее освоения и развития в рыночных условиях» Сборник материалов Всероссийского симпозиума «Проблемы фосфатного сырья» (секция литологии фосфатных формаций РАН) – Люберцы. 1996. – с. 8-11
5. Соколов А.С. «Классификация и закономерности размещения месторождений фосфоритов» 27-й международный геологический конгресс «Неметаллические полезные ископаемые» Т. 15. – М. Недра. 1984 – с. 48-58
6. Государственный баланс Запасов полезных ископаемых Российской Федерации на 01.01.2011 №43. – фосфоритовые руды. – М: МПРЗ.2011. – 79 с.
7. Дербунович Н.Н. «Термофосфаты (опыт разработки, комплексное использование сырья, обогащение охрана окружающей среды, агрохимия): учебное пособие. – М: РАЕН, Горно-металлургическая секция 2005. – с. 22-36
8. Ратобильская Л.Д. и др. «Обогащение фосфатных руд»: учебное пособие. – М. Недра 1979. – 260 с.
9. Ангелов А.И. и др. «Фосфатное сырье» - М. Недра 2000
10. Классен П.В., Завертеева Т.И. «Исследование технологии фосфатных удобрений с использованием сырья различных месторождений» Труды НИИУФ – 85 лет. – М. 2004
11. Ангелов А.И. и др. «Перспективы вовлечения низкосортного фосфатного сырья в производство удобрений» Труды НИИУФ – 85 лет. – М. 2004
12. Классен П.В. и др. «Изучение возможности использования отечественных фосфоритов на примере Егорьевских для получения экстракционной фосфорной кислоты и фосфорсодержащих удобрений» Химическая промышленность сегодня №2 – М. 2010 – с. 26-31
13. Левин Б.В. и др. «Актуальность и практические шаги по вовлечению низкосортного фосфатного сырья в переработку на сложные удобрения» Химическая промышленность сегодня №11 – М. 2006 – с. 11-18
14. Смирнов Ю.М. и др. «О получении фосфатного сырья для производства сложных удобрений и желваковых фосфоритов Егорьевского и Верхне-Камского месторождений» Химическая промышленность сегодня №1 – М. 2011 – с. 18-25
15. Ладыгина Г.В. и Лыгач А.В. «Разработка технологии труднообогащаемых желваковых фосфоритов» Материалы международной научно-практической конференции. – М. НИИУФ. 2015 – с. 123-127
16. Лыгач А.В. и др. «Флотационное обогащение бедных желваковых руд» Материалы международной конференции «Ресурсосбережения и охрана окружающей среды при обогащении и переработке минерального сырья» (Сборник трудов конференции) С.-П. 2016 - с. 529-532
17. Лыгач А.В. «Разработка технологии комплексного обогащения желваковых фосфоритов с использованием реагентов многофункционального действия» диссертация на соискание ученой степени к.т.н. – М. 2019

UDC 622.7

V.N. Lygach, Cand. Sc. (Tech.), Senior Research Fellow, NTC IKIMSO LLC, victor-gog6@yandex.ru

A.V. Lygach, Cand. Sc. (Tech.), Member of Russian Academy of Natural Sciences; Director General, NTC IKIMSO LLC, victor-gog6@yandex.ru

## RUSSIAN PHOSPHATE-BEARING RAW MATERIAL BASE AND ITS ROLE IN SOLVING THE PROBLEM OF FOOD, AND THEREFORE THE COUNTRY'S FOOD SECURITY

**Abstract:** The role of phosphorus, and, consequently, phosphorus-containing mineral fertilizers, is shown to increase the yield of agricultural products and improve its quality. The lack of phosphorus in soils contributes to their degradation, the disappearance of the humus layer, and, consequently, the low yield of such soils. The main source for obtaining the above fertilizers are phosphorus-containing ores, the reserves of which in the Russian Federation are sufficient to meet the needs of the country. Phosphate raw materials in Russia are represented in addition to the scarce apatite ores of the Kola Peninsula by poor hard-to-enrich phosphorites, which require technologies for obtaining concentrates from them suitable for chemical processing into phosphoric acid and concentrated phosphorus-containing water-soluble fertilizers. Such ores in the Russian Federation mainly include nodular and shell phosphorites, on the basis of which, due to the shortage of apatite ores, it is advisable to create appropriate GOKs. To do this, it is necessary: for jelly ores – to develop an effective technology for deep enrichment of jelly phosphorites, ensuring the production of phosphorite concentrate containing more than 28.0% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and phosphorite flour containing more than 19% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, as well as glauconite concentrate containing 5-6% K<sub>2</sub>O and various quartz products; for shell phosphorites – an improved technology for their enrichment with the preparation of the concentrate, it contains more than 30% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, dolomite gravel and flour, phosphordolomite fertilizer and quartz products for various purposes.

**Keywords:** phosphorus, phosphorus-containing ores, mineral fertilizers, soil fertility, agricultural productivity, apatite ores, phosphorite ores of the Kola Peninsula, shell phosphorites, nodular phosphorites, Baltic shell ores, Kingisepskoye deposit.