DOI 10.21178/2079–6080.2018.2.30
УДК 630*

Влияние шунгитсодержащего удобрения на рост саженцев туи западной

© Д.А. Шабунин, Т.А. Семакова

Influence of schungite-containing fertilizer on the growth of planting material of northern white cedar

D.A. Shabunin, T.A. Semakova (Saint Petersburg Forestry Research Institute)

The use of carbon-containing ameliorants, which have been successfully tested in a number of crops and in gardening, has recently begun to find application in the cultivation of forest species. The aim of the work was to study the effect of the schungite-containing materials on the growth of the planting material of northern white-cedar (*Thuja occidentalis* L.). The experiments were carried out under the conditions of a summer-type greenhouse. One year old seedlings of northern white-cedar were planted into containers and grown during one growing season on a substrate with the addition of shungite-containing material and without such additive. As a substratum, peat nutrient substrate of the peat enterprise “Pelgorskoe-M” (Leningrad Oblast) was used. It was made from peat moss of low degree of decomposition mined by the milling method. Limestone flour is used to neutralize peat. Enrichment of peat with nutrients was carried out by introducing a complex fertilizer with prolonged action. As a schungite-containing material, the fertilizer “ShungiTerra” was used. It is made from quartz-albite-chlorite schungite-bearing rocks of the Turastamozerskoye field (Republic of Karelia). As evidenced by the data obtained, the growth in height increased twofold. More great difference is observed if we compare the mass of the aboveground part – almost three times. The most significant increase is observed in indicator of the “mass of the root system” – more than three and a half times. There is also an improvement in the ratio of the mass of the aboveground and underground parts of the seedlings. The saplings were obtained with a more developed root system, which increases their resistance. The increase in the mass of the root system naturally correlates positively with the increase in the length of the root system. In general, the application of the “ShungiTerra” fertilizer in the cultivation of the northern white-cedar planting stock gives a significant increase to all the indicators studied.

Key words: schungite, thuja western, planting material, fertilizer, nutrient substrate

Влияние шунгитсодержащего удобрения на рост саженцев туи западной

Д.А. Шабунин, Т.А. Семакова

Приводится краткая история изучения и характеристика шунгитоносных пород, промышленные залежи которых находятся в Карелии. Рассматривается опыт успешного испытания шунгита в качестве углеродсодержащего мелиоранта на ряде сельскохозяйственных культур и декоративных растений, а также возможность его применения при выращивании лесных пород. Целью работы являлось изучение воздействия удобрения, содержащего шунгит, на рост посадочного материала туи западной (*Thuja occidentalis* L.). Опыты проведены в условиях теплицы летнего типа. Однолетние сеянцы туи высаживались в контейнеры и выращивались в течение одного вегетационного сезона на субстрате с добавкой удобрения и без него. В качестве грунта использован готовый питательный субстрат производства торфопредприятия «Пельгорское-М» (Ленинградская обл.).

В качестве шунгитсодержащего мелиоранта применено удобрение «ШунгиТерра» в пропорции 1:10 по объему. Полученные в результате эксперимента данные свидетельствуют о том, что в варианте с добавлением удобрения прирост растений в высоту увеличился по сравнению с контролем в два раза, масса надземной части — почти в три раза. Самая существенная прибавка наблюдается по показателю «масса корневой системы» — более чем в три с половиной раза. Этот показатель закономерно положительно коррелирует с длиной корневой системы. Отмечено также улучшение соотношения массы надземной и подземной частей саженцев. Растения в опыте имели более развитую корневую систему, что повышает их биологическую устойчивость.

В целом, по всем изученным показателям применение удобрения «ШунгиТерра» при выращивании посадочного материала туи западной дает значительную прибавку.

Ключевые слова: шунгит, туя западная, посадочный материал, удобрения, питательный субстрат

Шабунин Дмитрий Александрович — ведущий науч. сотр. НИО лесной селекции, воспроизводства и химического ухода за лесом, канд. биол. наук

E-mail: Dmitrii Shabunin <ds1512@mail.ru>

Семакова Татьяна Анисимовна — гл. специалист ОНТИ

E-mail: t.a.semakova@mail.ru

ФБУ «Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства»

194021, Санкт-Петербург, Институтский пр., 21

Телефон: 8 (812) 552—79—49

E-mail: mail@spb-niilh.ru

Введение

Минерал шунгит, крупные месторождения которого находятся в Карелии, относится к группе твердых углеродистых минеральных веществ. Химический состав шунгита постоянен, кроме углерода в нем содержится также целый ряд других элементов [3, 5]. В зависимости от доли свободного углерода в составе шунгитоносные породы были разделены на пять групп: I (80–99 %), II (46–80 %), III (26–45 %), IV (6–25 %), V (< 5 %) [2].

Сведения о геологии шунгитовых месторождений Карелии содержатся в ряде монографий и многочисленных научных статьях [1, 2], в материалах диссертационных исследований [9, 10, 13, 15 и др.].

Хотя шунгит существует около 2 миллиардов лет, его происхождение все еще является предметом обсуждения. Имеющиеся гипотезы довольно противоречивы. Согласно биогенной концепции, эта порода образовалась из органических отложений, богатых углеродом. Согласно другим мнениям, шунгит имеет вулканическое эндогенное или даже внеземное происхождение. В отличие от графита, который широко распространен в земной коре, месторождения шунгита пространственно ограничены, и бассейн Онежского озера Карелии является основной областью на Земле для его добычи как горной породы [20].

Основной промышленный горизонт Шуньгского месторождения составляют породы с содержанием углерода от 45 до 80 %. Именно за ними предлагается закрепить термин «шунгит», применение которого в данном случае оправдано тем, что генезис пород трактуется как сложный многостадийный процесс, исследованный лишь на примере месторождения Шуньга и не имеющий пока аналогов в других регионах Земли [19]. Породы с разным количеством углерода различаются по внешнему виду, механическим и химическим свойствам. В истории изучения и практического применения этих пород можно выделить несколько периодов.

В монографии М.М. Филиппова [17] приводятся сведения о том, что «мягкая «черная Олонецкая земля» и «земля Челмужан», вероятно, уже с половины XIV века использовалась местным населением для приготовления черной краски». Литературные данные, приведенные автором, свидетельствуют о первом известном применении шунгитоносных пород при строительстве Санкт-Петербурга. Так, чаши для фонтанов Летнего сада в 1706 г. изготавливались как из белого мрамора, так и из аспидного сланца, доставляемого из Карелии. При строительстве Казанского собора для мозаичных полов использовались минералы различных карельских месторождений: «аспидный сланец», мрамор и шокшинский малиновый кварцит, в более позднее время – сланцы – при отделке Исаакиевского собора и Нового Эрмитажа.

Внимание промышленников привлекала способность этих пород к горению, а ученые заинтересовались ими в связи с уникальностью физико-химических свойств и структурных особенностей шунгитов, отличающих их от других углеродистых пород и минералов [12, 13, 17, 18]. В период 1928–1937 гг. шунгитовые породы изучались в целях использования в различных отраслях промышленности, в частности, для пиromеталлургических и химических процессов. В настоящее время рассматривается возможность применения их в нанотехнологиях [7, 13].

Относительно недавно были открыты фуллерены, которые могут образовывать новую молекулярную форму углерода – фуллерит, обладающий рядом уникальных свойств, в том числе – сверхпроводимостью. Одновременно с промышленным синтезом фуллеренов возникла задача поиска их природных аналогов [23, 26]. Перспективными в этом отношении оказались шунгитовые породы Карелии, уникальные по генезису, минеральному составу и проявлениям углеродистого вещества [10, 25]. Например, шунгит довольно легко диспергируется в воде в отличие от твердых фуллеренов, нанографитов и других

наноуглеродов [20]. Содержание фуллеренов в шунгитовых породах достигает 2 % [22, 23, 25, 26]. В последнее время получила развитие теория графеновой структуры шунгитового углерода [14].

Месторождения высокоуглеродистых шунгитовых пород, по одной из гипотез, формировались в течение трех этапов, для первого из которых характерно накопление сапропелевых илов [17]. Биогенную природу органического вещества шунгитовых пород подтверждают также материалы целого ряда исследований, описанных в работе Н.С. Бискэ [2].

Полезные свойства шунгита изучаются применительно к сельскому хозяйству. Использование его в качестве минеральных добавок способствует снижению кислотности почвы и сохранению влажности, что оказывает положительное влияние на продуктивность сельскохозяйственных культур [8].

Ценные качества шунгита как удобрения были известны давно. Земли, содержащие эту породу, местным населением считались богатыми, плодородными [7]. В послевоенный период на Карело-Финской базе АН СССР (в настоящее время — Карельский научный центр РАН) выполнялись работы по решению проблемы минерального питания растений в условиях северного земледелия, в которых под руководством проф. А.Я. Кокина принимала активное участие группа аспирантов. Эти исследования проводились совместно с сотрудниками кафедры неорганической химии ПетрГУ, которой заведовал проф. М.А. Тойкка, при этом основное внимание уделялось изучению уникальных шунгитовых почв, их минеральному составу и шунгиту как удобрению [11].

При выращивании растений используют такие качества шунгита, как содержание целого комплекса минеральных веществ и микроэлементов, обеспечивающих питание растений, а также его способность понижать кислотность почвы и повышать удержание влаги в 2–2,5 раза. Шунгит содержит микро-

и макроэлементы в природно-сбалансированном составе, а также обладает способностью сорбировать компоненты удобрений в ионном виде и дозированно возвращать их в почву, способствуя оптимальному развитию растений. Отрицательного воздействия минерала на растения не выявлено. Рекомендуются применять шунгит в теплицах, где он может служить дополнительным источником углекислого газа для фотосинтеза, а черный цвет будет способствовать повышению температуры почвы в результате поглощения солнечной энергии [21]. Перспективным видится создание искусственных почв на основе шунгита, использование его в гидропонике [4].

Исследовано влияние этого природного минерала на посевные качества семян озимой пшеницы. Установлено, что обработка их шунгитовой водой оказывает существенное влияние на энергию прорастания и всхожесть. Увеличивается длина корешков и ростков, возрастает интенсивность накопления проростками биомассы и массы сухого вещества [16].

В Казахстане, где остро стоит проблема многолетнего загрязнения сельскохозяйственных земель пестицидами, проводится их фиторемедиация. Экспериментально установлено, что добавка шунгита, как и древесного угля, к минеральным удобрениям и регуляторам роста приводит к увеличению биомассы растений-экстракторов и снижению концентрации пестицидов в ризосфере до 57 % [24].

Шунгит может применяться в чистом виде — в виде щебня разных фракций. Например, при внесении в почву 400–500 г мелкого щебня на 1 м² при выращивании различных овощных культур, плодовых деревьев и кустарников урожайность повышается в 1,5–2 раза [21].

Использование углеродсодержащих мелиорантов в последнее время начинает находить применение и при выращивании лесных древесных растений. Установлено положительное влияние биоугля на всхожесть семян

и рост сеянцев хвойных пород в условиях закрытого грунта [6].

Целью нашей работы было изучить воздействие шунгитсодержащего удобрения на рост посадочного материала туи западной.

Методика исследований

Опыты проводились в условиях теплицы летнего типа. Однолетние сеянцы туи западной (*Thuja occidentalis* L.) высаживались в контейнеры и выращивались в течение одного вегетационного сезона на готовом торфяном субстрате в двух вариантах: с добавлением шунгитсодержащего мелиоранта и без него (контроль). Использовались контейнеры объемом 250 мл, соединенные в блоки по

24 шт. (6×4). Опыт проводился в 3-х повторностях. Всего, с учетом контроля, было задействовано 144 растения. Опыт заложен 22.05.2017.

Для выращивания растений использован торфяной питательный субстрат (ТПС) производства торфопредприятия «Пельгorskое-М» (Ленинградская обл.), приготовленный из верхового торфа низкой степени разложения. Для нейтрализации избыточной кислотности использована известняковая мука, обогащение субстрата питательными веществами производилось путем внесения комплексного удобрения, имеющего пролонгированное действие. Характеристики ТПС приведены в таблице 1.

Таблица 1

Содержание основных питательных веществ и характеристики ТПС

Показатель	Численное значение
Азот (N), мг/100 г сух. в-ва	140–180
Фосфор (P ₂ O ₅), мг/100 г сух. в-ва	120–160
Калий (K ₂ O), мг/100 г сух. в-ва	180–210
Кальций (CaO), мг/100 г сух. в-ва	3500–4000
Кислотность, pH (KCl)	5,5–6
Органическое вещество (не менее), %	85
Влажность, %	45–60

С целью изучения влияния шунгита на рост и развитие саженцев в питательный субстрат было добавлено удобрение «ШунгиТерра» в объемном соотношении 1:10. Удобрение «ШунгиТерра» изготавливается из кварц-альбит-хлоритовой шунгитоносной породы Туратамозерского месторождения (ООО «Юг-Сервис», Республика Карелия). Размер фракции размолотой породы в испытанной партии удобрения составлял 0,1–0,9 мм.

В начале эксперимента, сразу после высадки растений (22.05.2017), и в его конце (24.04.2018) были проведены замеры высоты растений во всех повторностях опыта. Также в мае 2018 г. 96 саженцев были взяты для определения биомассы. С этой целью растения

вынимали из контейнеров, корневую систему отмывали от субстрата, измеряли ее длину. Затем саженцы высушивались при $t = 103^\circ\text{C}$ до стабильных показателей массы. Надземную часть отделяли от корней непосредственно под семядолями, обе части растений взвешивали на аналитических весах.

Определяли также прирост в высоту и соотношение массы надземной части и корневой системы растений.

Результаты исследований

Спустя год после закладки опыта саженцы туи в вариантах с удобрением и без него наглядно отличались даже визуально (рис.). Результаты определения биометрических показателей представлены в таблице 2.

Рис. Однолетние саженцы туи западной, выращенные с удобрением «ШунгиТерра» (опыт) и без него (контроль)

Таблица 2

Биометрические показатели саженцев туи западной, выращенных с добавкой удобрения «ШунгиТерра» и без него

Показатели роста саженцев	Варианты опыта		Превышение показателей роста саженцев в опыте относительно контроля, %
	Контроль (без добавки)	С добавкой препарата «ШунгиТерра»	
Высота саженцев перед закладкой опыта, см	8,52±0,17	8,27±0,15	97
Высота саженцев после выращивания в течение 1 вегетационного сезона, см	12,97±0,22	17,14±0,34	132
Прирост в высоту, см	4,46±0,15	8,87±0,29	199
Масса надземной части, г	0,193±0,010	0,547±0,028	283
Масса корневой системы, г	0,078±0,004	0,283±0,014	363
Соотношение массы надземной части и массы корневой системы	2,50±0,08	1,95±0,05	-
Максимальная длина корней, см	19,2±1,1	27,4±0,9	143

Как свидетельствуют приведенные данные, наиболее важный для товарной оценки посадочного материала показатель — высота — при применении шунгитсодержащего удобрения увеличился на 35 % (с учетом изначальной разницы), прирост в высоту при этом возрос в два раза. Еще большая, почти трехкратная разница наблюдается, если сравнивать массу надземной части растений в опыте и контроле. Самая существенная прибавка зафиксирована по показателю «масса корневой системы» — более чем в три с половиной раза. Улучшение соотношения массы надземной и подземной части саженцев в пользу корневой системы, сопровождающееся увеличением показателя длины корней на 43 %, свидетельствует о ее хорошем развитии и способствует повышению биологической устойчивости посадочного материала.

В целом, по всем изученным параметрам роста туи применение удобрения «ШунгиТер-

ра» дает значительную прибавку.

Настоящая работа является первой попыткой использования шунгита при выращивании посадочного материала хвойных пород. В дальнейшем исследования могут быть направлены на поиск оптимальных доз внесения этого мелиоранта, а также на расширение ассортимента древесных пород, для которых применение шунгита окажется эффективным.

Также представляется перспективным использование шунгита в условиях открытого грунта, особенно при выращивании посадочного материала на бедных почвах.

Выводы

Внесение в питательный субстрат, изготовленный из верхового торфа с оптимальными добавками удобрений и раскисляющих материалов, шунгитсодержащих мелиорантов значительно ускоряет рост посадочного материала туи западной.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Берёзкин, В.И. Углерод: замкнутые наночастицы, макроструктуры, материалы / В.И. Березкин. — СПб.: Издательство «АртЭго», 2013. — 450 с.
2. Бискэ, Н.С. Биогенные микроструктуры в шунгитовых породах Карелии / Н.С. Бискэ // Тр. Карельского научного центра РАН. — 2017. — № 2. — С. 96–110.
3. Большая советская энциклопедия. 2-е изд., гл. ред. Б.А. Введенский. М.: Гос. науч. изд-во «Большая советская энциклопедия», 1957. — С. 236.
4. Влияние шунгита на урожайность в сельском хозяйстве // <https://medved-kamen.ru/a115861-vliyanie-shungita-urozhajnost.html>. 2013
5. Геологическая энциклопедия. https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_geolog/5585/%d0%a8%d1%83%d0%bd%d0%b3%d0%b8%d1%82].
6. Дурова, А.С. Влияние биоугля на всхожесть семян и рост сеянцев хвойных пород в условиях закрытого грунта / А.С. Дурова, А.В. Жигунов // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии, 2017, вып. 219. — С. 18–31.
7. Завёрткин, А.С. История открытия и исследования А.А. Иностранцевым шунгитовых пород / А.С. Завёрткин, И.А. Мошников // Научная конференция, посвященная памяти члена-корреспондента Петербургской Академии наук, основателя кафедры геологии, геологического музея и геологического кабинета, профессора Санкт-Петербургского университета А.А. Иностранцева: Материалы конференции, 19–21 ноября 2009 г. / Под ред. В.В. Аркадьева. — СПб.: С.-Петербург. ун-т, 2009. — С. 33–35.
8. Игнатов, И. Состав и структурные свойства природного фуллеренсодержащего минерала шунгита. Математическая модель взаимодействия шунгита с молекулами воды / И. Игнатов, О.В. Мосин // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». Вып. 2, март – апрель 2014. <http://publ.naukovedenie.ru>

9. Калинин, Ю.К. Углеродсодержащие шунгитовые породы и их практическое использование: дис. ... д-ра технических наук: 05.17.11 / Калинин Юрий Клавдиевич; Москва, 2002. – 316 с.
10. Ковалевский, В.В. Углеродистое вещество шунгитовых пород: структура, генезис, классификация: автореф. дис. ... д-ра геолого-минералогических наук: 25.00.05 / Ковалевский Владимир Викторович; [Место защиты: Институт геологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук] – Сыктывкар, 2007. – 39 с.
11. Марковская, Е.Ф. Кафедра ботаники и физиологии растений Петрозаводского государственного университета / Е.Ф. Марковская // Бюллетень Общества физиологов растений России. – 2013, вып. 28. – С. 22–30.
12. Первунина, А.В. у истоков научного знания о шунгитах Карелии / А.В. Первунина, А.А. Иностранцев // Научная конференция, посвященная памяти члена-корреспондента Петербургской Академии наук, основателя кафедры геологии, геологического музея и геологического кабинета, профессора Санкт-Петербургского университета А.А. Иностранцева: Материалы конференции, 19–21 ноября 2009 г. / Под ред. В.В. Аркадьева. – СПб.: С.-Петерб. ун-т, 2009. – С. 55–54.
13. Рожкова, Н.Н. Наноглерод шунгитов: структурные и физико-химические свойства, механизмы активации: автореф. дис. ... д-ра химических наук: 02.00.21 / Рожкова Наталья Николаевна; [Место защиты: Санкт-Петерб. гос. технол. ин-т]. – СПб., 2013. – 39 с.
14. Рожкова, Н.Н. Наноструктуры шунгитового углерода в природе, дисперсиях и гибридных материалах / Н.Н. Рожкова, А.А. Михайлина, С.С. Рожков // Геология и полезные ископаемые Карелии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2014. Вып. 17. С. 86–93.
15. Садовничий, Р.В. Минералого-технологические особенности шунгитовых пород Максковского месторождения (Забогинское рудное поле): дис. ... канд. геолого-минералогических наук: 25.00.05 / Садовничий Роман Васильевич; Петрозаводск, 2016. – 145 с.
16. Тохтиева, Л.Х. Влияние шунгита на посевные качества семян озимой пшеницы / Л.Х. Тохтиева, Э.А. Тохтиева // Известия Горского государственного аграрного университета (Владикавказ). 2011, том 48, № 2. – С. 276–280. ISSN: 2070–1047.
17. Филиппов, М.М. Шунгитоносные породы Онежской структуры / М.М. Филиппов. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2002. – 280 с.
18. Филиппов, М.М. К истории открытия и практического использования высших антраксолитов (шунгитов А.А. Иностранцева) // Научная конференция, посвященная памяти члена-корреспондента Петербургской Академии наук, основателя кафедры геологии, геологического музея и геологического кабинета, профессора Санкт-Петербургского университета А.А. Иностранцева: Материалы конференции, 19–21 ноября 2009 г. / Под ред. В.В. Аркадьева. – СПб.: С.-Петерб. ун-т, 2009. – С. 60–66.
19. Филиппов, М.М. Термин “шунгит” в работах А.А. Иностранцева и его современное научное толкование // Научная конференция, посвященная памяти члена-корреспондента Петербургской Академии наук, основателя кафедры геологии, геологического музея и геологического кабинета, профессора Санкт-Петербургского университета А.А. Иностранцева: Материалы конференции, 19–21 ноября 2009 г. / Под ред. В.В. Аркадьева. – СПб.: С.-Петерб. ун-т, 2009. – С. 67–71.
20. Шека, Е.Ф. Шунгит – природный источник наноразмерного восстановленного оксида графена / Е.Ф. Шека, Н.Н. Рожкова // Труды Карельского научного центра РАН, 2016, № 2. – С. 89–104. Опубликовано в онлайн-версии в декабре 2015 г.. journals.krc.karelia.ru/index.php/precambrian/article/download/264/174. DOI: 10.17076/geo264
21. Шунгитовый клуб. <http://www.shungitclub.ru/article.php?id=9>
22. Buseck P.R. Fullerenes from the geological environment / P.R. Buseck, S.J. Tsipursky, R. Hettich. *Science*, 1992, 257: 215–217.

23. Misra K.S. Occurrence of fullerene bearing shungite suite rock in Mangampeta area, Cuddapah District, Andhra Pradesh / K.S. Misra, M.R. Hammond, A.V. Phadke, F. Plows, U.S.N. Reddy, I.V. Reddy, Fareeduddin, G. Parthasarathy, C.R.M. Rao, B.N. Gohain, D. Gupta, Journal of the Geological Society of India, 2007, 69: 25–28.
24. Nurzhanova A. Phytoremediation of DDT-contaminated soils in Kazakhstan / A. Nurzhanova, S. Kalugin, R. Baizhumanova, T. Mukasheva, R. Berzhanova // Phytotechnologies for Sustainable Development, 12th International Conference International Phytotechnology Society, 2015, September 27–30, Hilton Garden Inn – Manhattan, KS. Hosted by the International Phytotechnology Society and Kansas State University, ABSTRACT BOOK, p. 110.
25. Parthasarathy G. Occurrence of natural fullerenes in low grade metamorphosed Proterozoic shungite from Karelia, Russia / G. Parthasarathy, R. Srinivasan, M. Vairamani, K. Ravikumar, A.C. Kunwar // Geochimica et Cosmochimica Acta, 1998, 62: 3541–3544.
26. Reznikov V.A. Amorphous shungite carbon: A natural medium for the formation of fullerenes / V.A. Reznikov, Y.S. Polekhovskii // Technical Physics Letters, 2000, 26: 689–693.

REFERENCES

1. Beryozkin V.I. Uglerod: zamknuty nanochastitsy, makrostruktury, materialy. Saint Petersburg, Izdatelstvo «ArtEgo», 2013, 450 p. (In Russian)
2. Biske N.S. Biogennyye mikrostruktury v shungitovykh porodakh Karelii. Tr. Karelskogo nauchnogo tsentra RAN, 2017, no. 2, pp. 96–110. (In Russian)
3. Bolshaya sovetskaya entsiklopediya. 2-e izd., gl. red. B.A. Vvedensky. Moscow, Gos. nauch. izd-vo «Bolshaya sovetskaya entsiklopediya», 1957, p. 236. (In Russian)
4. Vliyaniye shungita na urozhaynost v selskom khozyaystve. <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D1%83%D0%BD%D0%B3%D0%B8%D1%82>. (In Russian)
5. Geologicheskaya entsiklopediya. https://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_geolog/5585/%d0%a8%d1%83%d0%bd%d0%b3%d0%b8%d1%82. (In Russian)
6. Durova A.S., Zhigunov A.V. Vliyaniye biouglya na vskhozhest semyan i rost seyantsev khvoynnykh porod v usloviyakh zakrytogo grunta. Izvestiya Sankt-Peterburgskoy lesotekhnicheskoy akademii, 2017, vyp. 219, pp. 18–31. (In Russian)
7. Zavyortkin A.S., Moshnikov I.A. Istoriya otkrytiya i issledovaniya A.A. Inostrantsevykh shungitovykh porod. Nauchnaya konferentsiya, posvyashchennaya pamyati chlena-korrespondenta Peterburgskoy Akademii nauk, osnovatelya kafedry geologii, geologicheskogo muzeya i geologicheskogo kabineta, professora Sankt-Peterburgskogo universiteta A.A. Inostrantseva: Materialy konferentsii, 19–21 noyabrya 2009 g., Pod red. V.V. Arkadyeva. Saint Petersburg: S.-Peterb. un-t, 2009, pp. 33–35. (In Russian)
8. Ignatov I., Mosin O.V. Sostav i strukturnyye svoystva prirodnogo fullerensoderzhashchego minerala shungita. Matematicheskaya model vzaimodeystviya shungita s molekulami vody. Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIYE». Vyp. 2, mart – aprel 2014. <http://publ.naukovedenie.ru>. (In Russian)
9. Kalinin Yu.K. Uglerodsoderzhashchiye shungitovyye porody i ikh prakticheskoye ispolzovaniye: dis. ... d-ra tekhnicheskikh nauk: 05.17.11; Moscow, 2002, 316 p. (In Russian)
10. Kovalevsky V.V. Uglerodistoye veshchestvo shungitovykh porod: struktura, genezis, klassifikatsiya: avtoref. dis. ... d-ra geologo-mineralogicheskikh nauk: 25.00.05; [Mesto zashchity: Institut geologii Komi nauchnogo tsentra Uralskogo otdeleniya Rossyskoy akademii nauk], Syktyvkar, 2007, 39 p. (In Russian)
11. Markovskaya Ye.F. Kafedra botaniki i fiziologii rasteny Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta. Byulleten Obshchestva fiziologov rasteny Rossii, 2013, vyp. 28, pp. 22–30. (In Russian)
12. Pervunina A.V. A.A. Inostrantsev u istokov nauchnogo znaniya o shungitakh Karelii. Nauchnaya konferentsiya, posvyashchennaya pamyati chlena-korrespondenta Peterburgskoy Akademii nauk, osnovatelya kafedry

- geologii, geologicheskogo muzeya i geologicheskogo kabineta, professora Sankt-Peterburgskogo universiteta A.A. Inostrantseva: Materialy konferentsii*, 19–21 noyabrya 2009 g. Pod red. V.V. Arkadyeva. Saint Petersburg: S. Peterb. un-t, 2009, pp. 55–54. (In Russian)
13. Rozhkova N.N. Nanouglerod shungitov: strukturnye i fiziko-khimicheskiye svoystva, mekhanizmy aktivatsii: avtoref. dis. ... doktora khimicheskikh nauk: 02.00.21; [Mesto zashchity: Sankt-Peterb. gos. tekhnol. in-t], Saint Petersburg, 2013, 39 p. (In Russian)
 14. Rozhkova N.N., Mikhaylina A.A., Rozhkov S.S. Nanostruktury shungitovogo ugleroda v prirode, dispersiyakh i gibridnykh materialakh. *Geologiya i poleznye iskopayemye Karelii*. Petrozavodsk: KarNTs RAN, 2014. Vyp. 17, pp. 86–93. (In Russian)
 15. Sadovnichy R.V. Mineralogo-tekhnologicheskkiye osobennosti shungitovykh porod Maksovskogo mestorozhdeniya (Zazhoginskoye rudnoye pole): dis. ... kand. geologo-mineralogicheskikh nauk: 25.00.05; Petrozavodsk, 2016, 145 p. (In Russian)
 16. Tokhtiyeva L.Kh., Tokhtiyeva E.A. Vliyaniye shungita na posevnye kachestva semyan ozimoy pshenitsy. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Vladikavkaz)*. 2011, tom 48, no. 2, pp. 276–280. ISSN: 2070–1047. (In Russian)
 17. Filippov M.M. Shungitonosnye porody Onezhskoy struktury. Petrozavodsk: Karelsky nauchnyy tsentr RAN, 2002, 280 p. (In Russian)
 18. Filippov M.M. K istorii otkrytiya i prakticheskogo ispolzovaniya vysshikh antraksolitov (shungitov A.A. Inostrantseva). *Nauchnaya konferentsiya, posvyashchennaya pamyati chlena-korrespondenta Peterburgskoy Akademii nauk, osnovatelya kafedry geologii, geologicheskogo muzeya i geologicheskogo kabineta, professora Sankt-Peterburgskogo universiteta A.A. Inostrantseva: Materialy konferentsii*, 19–21 noyabrya 2009 g. Pod red. V.V. Arkadyeva. Saint Petersburg: S. Peterb. un-t, 2009, pp. 60–66. (In Russian)
 19. Filippov M.M. Termin “shungit” v rabotakh A.A. Inostrantseva i ego sovremennoye nauchnoye tolkovaniye. *Nauchnaya konferentsiya, posvyashchennaya pamyati chlena-korrespondenta Peterburgskoy Akademii nauk, osnovatelya kafedry geologii, geologicheskogo muzeya i geologicheskogo kabineta, professora Sankt-Peterburgskogo universiteta A.A. Inostrantseva: Materialy konferentsii*, 19–21 noyabrya 2009 g. Pod red. V.V. Arkadyeva. Saint Petersburg: S. Peterb. un-t, 2009, pp. 67–71. (In Russian)
 20. Sheka Ye.F., Rozhkova N.N. Shungit – prirodny istochnik nanorazmernogo vosstanovlennogo oksida grafena. *Trudy Karelskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2016, no. 2, pp. 89–104. 2015. journals.krc.karelia.ru/index.php/precambrian/article/download/264/174. DOI: 10.17076/geo264. (In Russian)
 21. Shungitovy klub. <http://www.shungitclub.ru/article.php?id=9>. (In Russian)
 22. Buseck P.R., Tsipursky S.J., Hettich R.: Fullerenes from the geological environment. *Science*, 1992, 257: 215–217.
 23. Misra K.S., Hammond M.R., Phadke A.V., Plows F., Reddy U.S.N., Reddy I.V., Fareeduddin, Parthasarathy G., Rao C.R.M., Gohain B.N., Gupta D.: Occurrence of fullerene bearing shungite suite rock in Mangampeta area, Cuddapah District, Andhra Pradesh. *Journal of the Geological Society of India*, 2007, 69: 25–28.
 24. Nurzhanova A., Kalugin S., Baizhumanova R., Mukasheva T., Berzhanova R. Phytoremediation of DDT-contaminated soils in Kazakhstan. *Phytotechnologies for Sustainable Development, 12th International Conference International Phytotechnology Society*, 2015, September 27–30, Hilton Garden Inn – Manhattan, KS. Hosted by the International Phytotechnology Society and Kansas State University, ABSTRACT BOOK, p. 110.
 25. Parthasarathy G., Srinivasan R., Vairamani M., Ravikumar K., Kunwar A.C.: Occurrence of natural fullerenes in low grade metamorphosed Proterozoic shungite from Karelia, Russia. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1998, 62: 3541–3544.
 26. Reznikov V.A., Polekhovskii Y.S.: Amorphous shungite carbon: A natural medium for the formation of fullerenes. *Technical Physics Letters*, 2000, 26: 689–693.