

## Физико-химическая трансформация минерала вермикулита в субстрат для выращивания растений

Л.А. Иванова<sup>1</sup>, В.В. Котельников<sup>2</sup>, А.Е. Быкова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Полярно-альпийский ботанический сад-институт КНЦ РАН

<sup>2</sup> ООО "ВИПОН", Анапты

**Аннотация.** Статья посвящена изучению ковдорского вермикулита как субстрата для гидропонии. Приведены результаты исследований физико-химических свойств минерала, изменения их в процессе подготовки вермикулитовых субстратов и использования в растениеводстве.

**Abstract.** The paper is devoted to studying Kovdor vermiculite as substratum for hydroponics. The results of researches of physical and chemical properties of a mineral, their change during preparation vermiculite substrata and its use in plant growing have been considered.

### 1. Введение

В стране на перспективу намечена экологическая реконструкция тепличных сооружений с качественной перестройкой отрасли защищенного грунта на базе автоматизированных модульных культивационных сооружений. Планируется значительно расширить ассортимент выращиваемых культур. Для выполнения этих планов потребуются централизованная заготовка грунтов и субстратов, в том числе для частных приусадебных хозяйств (*Заседание...*, 2006). К примеру, тепличные хозяйства Нидерландов не производят сами для себя субстраты, а получают их по предварительным договорам из централизованных крупных комбинатов – производителей субстратов (*Изучение...*, 2005). Поэтому актуален поиск новых перспективных субстратов для защищенного грунта. В Мурманской области для этого имеется уникальная возможность – богатейшее в мире месторождение вермикулита. Однако для применения вермикулита в растениеводстве требуется глубокое изучение его свойств. В задачу данного исследования входило изучение физико-химических свойств минерала и их изменений в процессе подготовки гидропонных вермикулитовых субстратов и их использования в растениеводстве.

### 2. Методы исследований

Химический анализ субстратов "Випон" был выполнен аккредитованной лабораторией Кольского геологического информационно-лабораторного центра. Используются следующие методы анализа: НСАМ-155х (атомно-абсорбционное пламенно-фотометрическое определение меди, цинка, кадмия, висмута, сурьмы, свинца, кобальта, никеля, железа и марганца в горных породах, рудах и технологических растворах), НСАМ-172х (атомно-абсорбционное пламенно-фотометрическое определение кремния, титана, алюминия, железа, кальция, магния, марганца в силикатных горных породах), НСАМ-475х (атомно-абсорбционное непламенное определение ртути в почвах, песках, донных отложениях методом "хлорного пара"), НСАМ-329 (фотометрическое и титрометрическое определение мышьяка с выделением его гипофосфитом натрия) (*Рекомендации Всесоюзного...*, 1980; *Рекомендации Центральной...*, 1990). Для радиационно-гигиенической оценки субстратов "Випон" использованы радиометрический и гамма-спектрометрический (по альфа-, бета-, гамма-излучениям исследуемого материала) методы анализа согласно ГОСТ 30108-94.

### 3. Результаты исследований

Вермикулит – это вторичный минерал из группы гидрослюд, представляющий собой пластинчатый слюдоподобный материал бронзово-желтого, золотисто-бурого и реже – бурого цвета, имеющий определенный химический состав и только ему присущую кристаллическую структуру. Он образуется в результате предельной вермикулитизации флогопита и биотита. Размер кристаллов варьируется от нескольких десятков сантиметров до микрона. Плотность в зависимости от состава колеблется от 2.3 до 2.6 г/см<sup>3</sup>. Формула вермикулита –  $Mg_{0.5}(MgFe)_3(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2 \cdot 4H_2O$ . Химический состав вермикулита может изменяться, что определяется в основном характером исходной слюды и геохимическими условиями процесса ее гидратации (*Бегунова и др.*, 1970).

В конце 50-х годов прошлого столетия в пределах Ковдорского массива Мурманской области было открыто Ковдорское вермикулитовое месторождение – самое крупное в России и одно из крупнейших в мире. Запасы вермикулита в нем измеряются десятками миллионов тонн и составляют 80 % от мировых запасов (*Горбунов и др.*, 1964).

Использование вермикулита в растениеводстве определяется специфическими свойствами этого минерала, и в первую очередь, способностью к вспучиванию под воздействием высоких температур. Процессы, вызывающие вспучивание вермикулита, т.е. расслоение его чешуек перпендикулярно к плоскостям спайности под действием высоких температур, обусловлены в основном наличием воды на спайных поверхностях пакетов вермикулита и в межатомных промежутках кристаллической решетки (Ахтямов и др., 1972). Эффективность вспучивания в большинстве случаев находится в прямой зависимости от степени гидратации минерала, от природных свойств сырья, формы и поверхности зерен, влажности, предварительного дробления, режима обжига, охлаждения и других факторов. Оптимальная температура обжига вермикулита зависит от ряда причин, в том числе, от характерных свойств, присущих вермикулиту данного месторождения, но главными факторами, оказывающими решающее влияние на качество конечного продукта, являются фракционный состав обжигаемого материала и степень гидратации минерала (Искрицкий, 1975).

В практике получения вспученного вермикулита (термовермикулита) в Советском Союзе применялись различные конструкции обжиговых агрегатов: шахтные печи, трубчатые горизонтальные, вращающиеся и U-образные печи (Подольск, 1973). Принципиальные оценки технологических и экономических преимуществ применяемых обжиговых агрегатов, высказываемые исследователями данной проблемы, весьма противоречивы, причем имеет место альтернативное противопоставление установок различных конструкций. Все усложняется тем обстоятельством, что в практике получения термовермикулита приходится использовать как богатый концентрат (содержание вспучивающихся частиц, близкое к 87%), так и бедный и грубый концентрат (соответственно: 70-86 и 50-69%) в основном непрерывного гранулометрического состава (0-10 мм). Иногда обжигают даже необогащенную богатую руду, поэтому требуется дифференцированный подход к обжигу и выбору обжигового агрегата (Ахтямов и др., 1972). В 70-е годы в Кольском филиале АН СССР была разработана электропечь для обжига чешуйчатого вермикулита, которая с успехом применялась в Полярно-альпийском ботаническом саду (ПАБСИ) в 90-х годах для производства золотисто-коричневого вермикулитового субстрата, вермикулитовых субстратов марки "Верпон", а также универсального вермикулитового субстрата (УВС) (Иванова, 1989; Вермикулитовые..., 1993; Универсальный..., 2004). Однако многообразие вермикулитового сырья (концентратов), обжигаемого с целью получения термовермикулита, и повышающиеся со временем требования, предъявляемые к термовермикулиту, вызвали необходимость разработки электрической обжиговой печи нового поколения. В 2004 г. в ООО "ВИПОН" такая печь была создана. Она принципиально отличается от других когда-либо существовавших ранее обжиговых агрегатов. Ее применение позволило наладить промышленный выпуск экологических вермикулитовых субстратов нового поколения серии "Випон" пяти модификаций.

В настоящее время наиболее широко в гидропонике используются такие субстраты-почвозаменители, как верховой сфагновый торф и минеральная вата (Казьмина, 2004; Григорова, 2004). Однако эти субстраты имеют низкую удерживающую способность в отношении питательного раствора, слабую буферность, сравнительно низкую общую порозность, приводящую к недостаточной аэрации и тенденцию к быстрому засолению (Алиев и др., 1971). Меры, предпринимаемые для устранения перечисленных выше основных недостатков почвозаменителей, – 4-5-кратное на протяжении суток смачивание их химическим раствором, частая корректировка pH, химическое расслоение после очередной уборки растений. Это значительно удорожает гидропонный метод выращивания растений на данных наполнителях. Вермикулитовый субстрат лишен многих из этих недостатков. Однако в отношении пригодности ковдорского вермикулита для гидропонного выращивания растений мнения исследователей противоречивы. В лучшем случае, его рекомендуют использовать в качестве добавок к маловлагодоемким субстратам (Тавлинова, 1979). В то же время имеется ряд работ, доказывающих перспективность этого субстрата в цветоводстве (Онохина, 1976; Филиппова, Скиткина, 1969; Козупеева, Лештаева, 1976; Иванова, 1988). Во многом это связано с его физико-химическими особенностями, которые могут изменяться при обжиге (Климашевский и др., 1969; Кутенкова, 1974). На наш взгляд неудачи, связанные с применением ковдорского вермикулита в качестве субстрата в растениеводстве, могут быть объяснены отчасти неодинаковым генезисом вермикулита, различными свойствами и составом получаемых исследователями партий вермикулитового концентрата. Под названием "вермикулит" многие хозяйства и научно-исследовательские институты могли получать либо темно-зеленый гидрофлогопит, либо смесь вермикулита с гидрофлогопитом (вермигидрофлогопит), либо золотисто-коричневый вермикулит. К тому же, методика подготовки субстрата к использованию в опытах различна. Например, многими исследователями не учитывался такой важный фактор, как режим обжига, в зависимости от которого вермикулит изменяет свои свойства, и, как следствие этого, может проявлять различную способность к ионообмену (Багрецов и др., 1961). Более того, исследования проводились с различными по продолжительности возделывания культурами, хотя известно, что

использование вермикулита в гидропонике даже в течение короткого времени (до 1 года) может изменять его свойства, в том числе и состав обменных катионов (Переверзев, 1965). Последнее особенно важно учитывать при разработке и осуществлении питания растений, выращиваемых на вермикулите более года, то есть многолетних культур. Не уделялось должного внимания и повышенному (до 30 %), по сравнению с другими месторождениями, содержанию магния в ковдорском вермикулите (Переверзев, 1966). Эта особенность запольного вермикулита может иметь отрицательное воздействие на качественные и количественные показатели урожая (Иванова, 1987).

При использовании в гидропонике ковдорский вермикулит проявляет прекрасные агрофизические свойства. Однако ему присуща высокая ионообменная способность. Вследствие этого субстрат может оказывать воздействие на питательный раствор, изменяя его состав и иногда повышая его pH до 11 (Переверзев, 1965). Однако обмен ионов между вермикулитом и питательным раствором происходит в эквивалентных количествах. В составе обменных катионов преобладает магний и в меньшей степени кальций, калий. Из раствора он поглощает фосфор, значительная часть которого слабо закрепляется им и остается доступной для питания растений. Со временем (к концу первого года эксплуатации субстрата) обменные процессы в системе вермикулит – питательный раствор ослабевают (Дьяченко и др., 1967).

Среди перечисленных особенностей ковдорского вермикулита способность к катионообмену заслуживает особого внимания, и в этой области существует еще ряд невыявленных возможностей применения вермикулита в растениеводстве. Так, например, важным является решение вопроса о возможности использования для питания растений обменного магния вермикулита. На долю обменного магния в ковдорском вермикулите приходится до 3 % общего содержания данного элемента. Этого количества достаточно для успешного выращивания на вермикулите при полном исключении магния из состава питательного раствора таких культур, как редис, томаты, огурцы и другие растения с непродолжительным по времени вегетационным периодом (Переверзев, 1965). При выращивании многолетних культур частичное исключение магния из состава питательного раствора и питания растений только за счет обменного магния возможно лишь в первые полгода, так как в дальнейшем постепенно увеличивающийся дефицит этого элемента в растворе отрицательно сказывается на качественных показателях продукции и снижает их продуктивность (Онохина, 1971; Иванова, 1987).

В практике эксплуатации гидропонных теплиц в процессе длительного использования искусственных субстратов часто наблюдается снижение урожайности растений. Это явление получило название "старение" или "засоление" субстрата. Происходит оно за счет накопления солей на поверхности наполнителей. Обычно с увеличением срока эксплуатации гидропонных субстратов возрастает и степень их засоления. По этой причине долговечность гидропонных субстратов исчисляется 2-3 годами, после чего требуется их замена на новые. В вермикулите засоление объясняют некоторым накоплением хлора (Бойко и др., 1976). Однако, как показали наши исследования, большого накопления данного аниона в ковдорском вермикулитовом субстрате не происходит, так как обменные катионы вермикулита ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) не дают с ионами хлора прочных соединений. Образующиеся хлориды кальция и магния относятся к числу хорошо растворимых солей. Вследствие этого вермикулитовые субстраты можно надежно предохранить от накопления  $\text{Cl}^{-}$ , применяя перед сменой питательного раствора промывку субстрата чистой водопроводной водой (Иванова, 1989).

В настоящее время в тепличных хозяйствах России в целом, и в Мурманской области в частности, сложилась ситуация, при которой целенаправленно внедряются зарубежные и игнорируются отечественные технологии закрытого грунта. Это влечет за собой потерю российской школы и отечественной культуры закрытого грунта. Западные технологии ориентированы на применение в хозяйствах импортных субстратов, минеральных комплексов и оборудования, что делает барьер выхода на рынок гидропонных технологий выращивания растений непомерно высоким. Кроме того, не всегда удается добиться воспроизводимости зарубежных результатов по урожайности и качеству продукции в российских условиях.

Начиная с 1963 г., в ПАБСИ проводились работы по исследованию ковдорского вермикулита как минерала, субстратов на его основе, методов культивирования растений на этих субстратах. Несмотря на это, так и не был получен вермикулитовый субстрат, который бы обладал нейтральным pH и сохранял бы этот показатель без изменения в течение длительного времени его эксплуатации (более пяти лет). Возможно, причиной явилось то, что обжиг вермикулитовых концентратов осуществлялся в основном с целью получения хорошо вспученного термовермикулита для использования в строительстве, где основным параметром является коэффициент увеличения объема, а не ионообменные и сорбционные свойства полученных материалов. В настоящее время на рынок выставляют под той или иной маркой вспученный по строительной технологии вермикулит. Этот продукт, естественно, не может быть применен как гидропонный субстрат, поскольку имеет крайне высокий показатель pH и низкую физико-

химическую стойкость. Нами была предложена разработка, позволившая по подавляющему большинству показателей превзойти зарубежные технологии выращивания растений в закрытом грунте. Она является продуктом эволюции гидропонных субстратов на основе вермикулита в линии: "золотисто-коричневый вермикулитовый субстрат" → "Верпон" → УВС → "Випон".

Полезные характеристики гидропонных субстратов, получаемых из вермикулитовых концентратов, полностью определяются режимами обжига, причем не только температурными показателями, временем их воздействия, но и газовой средой и кинетикой процесса. При этом степень вспучивания и изменения насыпного объема до и после обжига усредненных проб вермикулита являются важным диагностическим признаком, дающим возможность судить о физико-химических особенностях этого минерала. В свою очередь, данные о вспучиваемости усредненных проб вермикулита позволяют определять режим обжига, который приводит к получению термовермикулита с достаточно низким объемным весом (Бойко и др., 1976). Принимая во внимание эти особенности, мы при определении режима обжига для производства субстратов марки "Випон" стремились к достижению максимальной вспучиваемости, при которой она сочеталась бы с ненарушенной структурой этого минерала, слабой его реактивностью, высокой механической прочностью, благоприятными адсорбционными, ионообменными свойствами и рН водной суспензии, равной 6.5-7.0. К сожалению, тонкости данной технологии и параметры режима обжига концентрата мы не можем обсуждать здесь, так как эта разработка в настоящее время нами запатентована. Нами были предложены субстраты марки "Випон" в пяти модификациях: "Випон-1", "Випон-2", "Випон-3", "Випон-4", "Випон-5 (нефракционированный)". Они создавались с учетом агрохимических, экологических, технологических и экономических требований. В ООО "ВИПОН" были проведены исследования по изучению этих субстратов и определены их физико-химические особенности, химический состав, назначение, особенности использования (табл. 1, 2). Все это позволило в дальнейшем получить научно-техническую документацию (ТУ № 5722-00171890440-06, ТИ № 5722-00171890440-06), согласно которой осуществить их промышленный выпуск и реализацию.

Таблица 1. Содержание химических элементов в субстратах марки "Випон", %

Химический элемент	Субстрат		
	Випон-1	Випон-2	Випон-3
Mg	14.68	15.62	15.34
Fe	3.71	3.37	3.74
Ca	0.55	0.25	0.25
K	0.22	0.32	0.33
P	0.05	<0.02	<0.02
Mn	0.076	0.041	0.042
Ni	0.048	0.047	0.053
Co	0.005	0.004	0.005
Zn	0.012	0.01	0.007
Cu	0.001	<0.001	0.001
Mo	<0.001	<0.001	<0.001
Cd	<0.001	<0.001	<0.001
Pb	<0.001	<0.001	<0.001
As	<0.005	<0.005	<0.005
Hg	0.0000046	0.0000049	0.000048

Таблица 2. Основные показатели и назначение различных модификаций субстратов "Випон"

Показатель	Модификация				
	"Випон-1"	"Випон-2"	"Випон-3"	"Випон-4"	"Випон-5"
Размер гранул, мм	1-2	2-5	5-10	10-15-(20)	1-20
Влагоемкость, мл воды/г субстрата	5	5	5	5	5
Пористость, %	98	98	98	98	98
Объемно-насыпная масса, кг/м <sup>3</sup>	До 400-550	350-399	200-349	150-199	300-400
Назначение, срок эксплуатации	посев семян, черенкование, выращивание рассады и зеленных культур (многократное использование)	черенкование, выращивание рассады и зеленных культур, 4 года	выращивание овощных и декоративных растений, 7-10 лет	выращивание многолетних растений, 10-15 лет	добавление в почву, выращивание рассады, зеленных культур, многолетних растений, 7 лет

Благодаря применению оригинальной технологии и несерийному оборудованию по производству, субстраты "Випон" характеризуются наименьшей способностью к поглощению анионов и прогрессивно резким падением способности к хемосорбции катионов, чем все ранее известные вермикулитовые субстраты Ковдорского месторождения ("Золотисто-коричневый", "Верпон", УВС). Несмотря на то, что ковдорский вермикулит, добываемый в настоящее время, содержит до 70 % гидрофлогопита, 15 % магнезия и имеет рН водных суспензий 7.0-10.0, после обжига по технологии ООО "ВИПОН" он способен стабильно удерживать любой заданный уровень рН в течение всего периода выращивания многолетних растений, а также изменять его при необходимости в заданных пределах. Субстраты "Випон" – экологически чистые субстраты. Они стерильны, в них отсутствует асбест, и по радиационному фактору они могут быть использованы без ограничений (табл. 3).

Таблица 3. Радиационно-гигиеническая оценка субстратов "Випон"

№	Мощность экспозиционной дозы (МЭД), мкР/час	<sup>40</sup> К, Бк/кг	<sup>226</sup> Ra, Бк/кг	<sup>232</sup> Th, Бк/кг	А эфф, Бк/кг
Норма	12 мкР/час – фон				<300
Випон	16	104+-25	32.2+-8.0	14.2+-3.6	50-70

По сути, субстраты "Випон" представляют собой инертную матрицу с развитой и разветвленной поверхностью с выраженной как микро-, так и макропористостью, что обеспечивает высокую влагоемкость и, одновременно, хороший баланс воздух – вода на поверхности субстрата. На 1 г субстрата сорбируется до 5 г и более воды или питательного раствора. Эта особенность определяется в первую очередь капиллярностью системы, а не хемосорбцией. В результате в системах с подогревом субстрат требуется орошать не чаще 1 раза в 10 дней.

Известно, что такие гидропонные субстраты, как торф и минеральная вата, под действием питательных растворов, корневых выделений и продуктов жизнедеятельности микроорганизмов претерпевают глубокие физико-химические изменения, причем последние могут протекать весьма быстро. "Випон", в отличие от них, за счет своей химической инертности, практически не претерпевает каких-либо изменений – значение рН остается в пределах 6.5-7.5 (благоприятным для роста и развития растений). В отличие от всех наиболее распространенных субстратов, инертная матрица "Випона" не образует со всеми компонентами питательных растворов нерастворимых соединений, т.е. нет химических оснований для "старения" субстрата. Все питательные вещества находятся в доступной для растений форме, и соблюдается оптимальный баланс воздух – влага. По этому параметру (соотношение воздух – влага) "Випон" создает буферную систему. Субстрат при правильном применении не пересыхает и не переувлажняется, что предотвращает загнивание и пересыхание корневых волосков растений.

Использование "Випона" для выращивания овощных растений гарантирует получение высоких урожаев качественной продукции без применения биостимуляции и технологий генной инженерии. После длительной эксплуатации отработавшие в теплице субстраты не требуют утилизации – они могут служить модификатором почвы на полях или приусадебных участках под любой культурой (табл. 4, 5).

К сожалению, мы не можем провести корректного сравнения урожайности овощных растений, поскольку каждое хозяйство применяет свою собственную технологию выращивания, исходя, прежде всего, из имеющегося материального оснащения. Кроме того, все эксперименты на "Випоне" проводились в условиях Крайнего Севера, что даже в тепличных условиях создает весьма серьезные проблемы для выращивания растений. Нет полного совпадения по сортовым составам и по длительности оборота этих культур. Однако из табл. 5 видно, что урожайность на "Випоне" выше почти вдвое, чем на торфяных, минераловатных субстратах и на почвогрунте.

Таблица 4. Особенности эксплуатации наиболее распространенных гидропонных субстратов

Субстрат	Срок службы	Показатели	
		Потеря урожайности после 1 года использования (усталость субстрата), %	Способ регенерации и утилизации
Торф верховой сфагновый	2 года		Пропаривание. Приготовление грунтов (доходная часть)
Перлит	До 3 лет	До 30 %	Промывка и последующее пропаривание. Складирование на полигонах ТБО (затратная часть)
Минеральная вата	До 3 лет (обычно 2 года)	До 20 %	Промораживание, применение дезинфицирующих препаратов. Складирование на полигонах ТБО (затратная часть)
Випон	Более 5 лет	Не выявлено	Трехкратная промывка водой. Продажа отработанного субстрата в качестве почвенного разрыхлителя (доходная часть)

Таблица 5. Урожайность огурцов и томатов при выращивании на различных гидропонных субстратах, кг/м<sup>2</sup> (Гавриш, 2003; Казьмина, 2004; Григорова, 2004)

Сорт, предприятие, срок плодоношения	Субстрат			
	почво-смесь	торфо-смеси	минеральная вата (производство Нидерланды)	"Випон"
Огурцы				
F <sub>1</sub> Кураж, СХПК "Воронежский тепличный комбинат", 70 дней	-	18.3	-	-
F <sub>1</sub> Джулия, СХПК "Воронежский тепличный комбинат", 70 дней	-	19.1	-	-
F <sub>1</sub> Турнир, СХПК "Воронежский тепличный комбинат", 70 дней	-	16.9	-	-
F <sub>1</sub> Алиса, СХПК "Воронежский тепличный комбинат", 70 дней	-	15.2	-	-
F <sub>1</sub> Атлет, СХПК "Тепличный" г. Липецк, срок плодоношения не указан	-	32.0	-	-
F <sub>1</sub> Кураж, ООО "Радеж" г. Волгоград, 90-95 дней	-	31.8	-	-
F <sub>1</sub> Джулия, ООО "Радеж" г. Волгоград, 90-95 дней	-	31.8	-	-
F <sub>1</sub> Антей, ООО "Радеж" г. Волгоград, 90-95 дней	-	25.0	-	-
F <sub>1</sub> ТСХА – 379 ПАБСИ КНЦ РАН, 61 день	-	-	-	45.1
F <sub>1</sub> Арбента, ПАБСИ КНЦ РАН, 61 день	-	-	-	46.3
F <sub>1</sub> Манул, ПАБСИ КНЦ РА, 61 день	-	-	-	56.4
F <sub>1</sub> Вирента, ПАБСИ КНЦ РАН, 61 день	-	-	-	51.3
Томаты				
Верлиока, Портленд, г. Москва, 120-150 дней	20-24	-	-	-
Розалина, ООО "Радеж" г. Волгоград, 120-150 дней	-	-	35.0	-
Раиса, ООО "Радеж" г. Волгоград, 120-150 дней	-	-	36.8	-
Русич, ПАБСИ КНЦ РАН, 61 день	-	-	-	23.8
Внуковский, ПАБСИ КНЦ РАН, 61 день	-	-	-	20
Торвио, ПАБСИ КНЦ РАН, 61 день	-	-	-	21.2
Верлиока, ПАБСИ КНЦ РАН, 61 день	-	-	-	26.4
Тортилла ПАБСИ КНЦ РАН, 61 день	-	-	-	23.0
Портленд, ПАБСИ КНЦ РАН, 61 день	-	-	-	32.0

Примечание: прочерк – отсутствие данных.

Применение субстратов "Випон" намного экономичнее по сравнению со всеми остальными видами гидропонных почвозаменителей. Их стоимость, в зависимости от модификации, сравнима со стоимостью основных неорганических субстратов, таких как торф, и ниже стоимости синтетических. Однако, если учесть, что лучшие субстраты современной гидропоники служат не более 3 лет, а "Випон" как минимум 5, то экономия от применения возрастает более чем в 3 раза, поскольку при замене любого субстрата затраты состоят из стоимости самого субстрата и работы по его замене и утилизации.

#### 4. Заключение

Преимущества гидропоники бесспорны. В настоящее время в России площади под ней неуклонно растут. Вермикулитопоника внедряется и в тепличных хозяйствах Мурманской области (ОАО "Цветы Заполярья" в г. Мурманске, частный сектор). Этому способствуют вермикулитовые субстраты марки "Випон", которые в последнее время пользуются большим рыночным спросом не только у населения Заполярья, но и в других регионах страны – в Москве, Туле, Санкт-Петербурге, Карелии, Новосибирске, Магадане, Воронеже и др. Они все шире внедряются в сегодняшнюю практику для выращивания овощных, декоративных и лесных культур, для производства зеленых витаминных кормов и для создания газонных ковровых покрытий различного назначения, в том числе и для рекультивации нарушенных и пылящих территорий, чтобы в перспективе сыграть важную роль в промышленном производстве высококачественной сельскохозяйственной продукции и в создании в России индустриального гидропонного растениеводства.

#### Литература

- Алиев Э.А., Кадыш А.Г., Пионтовский В.И. Засоление и аллелопатические загрязнения субстратов в гидропонике и их устранение. *Агрехимия*, № 9, с.93, 1971.
- Ахтямов Я.А., Бобров В.С., Геммерлинг Г.В., Эпельбаум М.Б. Обжиг вермикулита. М., Стройиздат, с.54, 1972.
- Багрецов В.Ф., Пушкарёв В.В., Бекетов А.Р., Николаев В.М. Влияние обжига на ионообменную емкость вермикулита. *Прикладная химия*, т.34, вып. 11, с.2558-2560, 1961.

- Бегунова Т.Г., Дьяков А.Г., Усков М.Е., Гаврилюк Т.И.** Приазовские месторождения вермикулита. *Разведка и охрана недр*, № 10, с.15, 1970.
- Бойко Л.А., Бойко Л.А., Левицкий В.В.** Вермикулит в гидропонике. *Л., Наука*, с.95, 1976.
- Вермикулитовые комплекты "Верпон-1" для выращивания рассады. Сост.: Л.А. Иванова, А.М. Селюминова, С.В. Литвинова. *Информ. листок Мурм. межотрасл. террит., ЦНТИ и пропаганды*, № 51-93, 1993.
- Гавриш С.Ф.** Томаты. *М., НИИОЗГ*, 181 с., 2003.
- Горбунов Н.И., Градусов Б.П., Травникова Л.С.** Образование и свойства вермикулитов в связи с использованием их в сельском хозяйстве. *Почвоведение*, № 11, с.1-9, 1964.
- Григорова А.А.** Особенности технологии выращивания пчелоопыляемого гибрида огурца F<sub>1</sub> Атлет в СХПК "Тепличный", г. Липецк. *Гавриш*, № 4, с.6-7, 2004.
- Дьяченко Н.С., Овчаренко Ф.Д., Вдовенко Н.В., Каленов Е.М.** Изменение физико-химических свойств вермикулита при ионообменных реакциях. *Геология, свойства и применение вермикулита. Л., Наука*, с.71-77, 1967.
- Заседание Консультационного Совета. *Теплицы России*, № 2, с.41-44, 2006.
- Иванова Л.А.** Гидропонное выращивание декоративно-цветочных растений с использованием вермикулита ковдорского месторождения. *Апатиты, КФ АН СССР*, 16 с., 1989.
- Иванова Л.А.** Минеральное питание каллы эфиопской. *Автореферат дис. ... канд. биол. наук (06.01.04). М.*, 12 с., 1987.
- Иванова Л.А.** О некоторых агротехнических приемах повышения продуктивности каллы эфиопской. *Агротехника декоративных растений на Крайнем Севере. Апатиты, КФ АН СССР*, с.52-56, 1988.
- Изучение опыта выращивания овощных и цветочных культур в Нидерландах. *Теплицы России*, № 4, с.9, 2006.
- Искритский Н.А.** Экономика и перспективы применения вермикулита. *Л., Наука*, 150 с., 1975.
- Казьмина О.В.** Элементы технологии выращивания партенокарпического гибрида огурца F<sub>1</sub> Кураж в летне-осеннем обороте в СХПК "Воронежский тепличный комбинат". *Гавриш*, № 4, с.8-9, 2004.
- Климашевский Э.Л., Бойко Лар.А., Бойко Людм.А.** Изучение некоторых физико-химических свойств Кокшаровского вермикулита в связи с применением его в вермикулитопонике. *Исследование и применение вермикулита. Л., Наука*, с.208-215, 1969.
- Козупеева Т.А., Лештаева А.А.** Выгонка гладиолусов в теплице. *Зеленое строительство на Кольском Севере. Апатиты*, с.78-88, 1976.
- Кутенкова Г.Н.** Кокшаровский вермикулит как субстрат для гидропонии. *Автореф. дис. ... канд. техн. наук (05.15.03). Владивосток*, 26 с., 1974.
- Онохина Ж.Ф.** Выращивание хризантем на вермикулите в условиях Заполярья. *Озеленение городов Крайнего Севера. Апатиты*, с.78, 1976.
- Онохина Ж.Ф.** Интродукция тропических и субтропических растений в условиях закрытого грунта. *Отчет, Апатиты, фонды ПАБСИ КНЦ РАН*, 227 с., 1971.
- Переверзев В.Н.** Некоторые результаты изучения физико-химических свойств вермикулита и применение его в системе гидропонии в Заполярье. *Материалы совещания по проблемам вермикулита. Апатиты, изд-во АН СССР*, с.253, 1966.
- Переверзев В.Н.** Физико-химические свойства ковдорского вермикулита как субстрата для выращивания растений на гидропонике. *Агротехника*, № 2, с.115-122, 1965.
- Подольяк Ф.С.** Сравнительная эффективность печей для обжига вермикулита. *Строительные материалы*, № 6, с.12-15, 1973.
- Рекомендации Всесоюзного института минерального сырья. *М.*, с.11, 1980.
- Рекомендации Центральной лаборатории ПГО "Ташкентгеология". *Ташкент*, с.23, 1990.
- Тавлинова Г.К.** Новые субстраты – заменители почвы для выращивания растений. *Л., Наука*, 54 с., 1979.
- Универсальный субстрат "Випон" для гидропонного выращивания растений. Сост. Л.А. Иванова, В.А. Котельников. *Информ. листок Мурм. межотрасл. террит., ЦНТИ и пропаганды*, № 44-005-04, 2004.
- Филиппова Л.Н., Скиткина А.А.** Вермикулит как субстрат для выращивания рассады дикорастущих декоративных многолетников в Заполярье. *Исследование и применение вермикулита. Л., Наука*, с.123, 1969.