

УДК 622.331:631.61:631.871

**ИСКУССТВЕННО ПОЛУЧЕННЫЕ ГУМИНОВЫЕ ВЕЩЕСТВА  
ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЧВ****Москаленко Т.В., Михеев В.А., Ворсина Е.В.***ФГБУН «Институт горного дела Севера им. Н.В. Черского» Сибирского отделения  
Российской академии наук, Якутск, e-mail: labkiy@mail.ru*

В статье показано, что уникальное экономико-географическое, транспортное и геополитическое положение Дальневосточного федерального округа является прямой предпосылкой к осуществлению его прорывного социально-экономического развития. С целью решения проблем региона и его развития Правительством Российской Федерации принята Федеральная целевая программа «Экономическое и социальное развитие Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 г.», создаются территории опережающего социально-экономического развития, для закрепления трудовых ресурсов действует программа «дальневосточный гектар», в рамках которой производится бесплатное предоставление земельных участков для ведения сельского, лесного и охотничьего хозяйства или любого другого вида бизнеса. Поэтому существует необходимость заблаговременно обезопасить регион от экологических проблем, в частности проблем с деградацией и загрязнением почв. Один из способов восстановления плодородия почв и ее детоксикации – внесение в почву гуминовых веществ, которые с успехом могут быть извлечены из торфов, бурых углей, сапропелей. В Институте горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН разработан способ получения гуминовых веществ из бурых углей и торфа, разработана, изготовлена и испытана опытно-промышленная установка для производства жидких и сухих гуматов. Гуматы, полученные по методу ИГДС СО РАН, полностью растворяются в воде (т.е. относятся к категории «безбалластных»), что является наиболее предпочтительным видом искусственно полученных гуминовых веществ для восстановления почв. Авторами отмечается необходимость создания в этом направлении методических и организационных основ агроэкологического восстановления плодородия, составления прогнозов эволюции почв как при антропогенных воздействиях, так и для агротехнических мероприятий.

**Ключевые слова:** почва, детоксикация, восстановление плодородия, бурый уголь, торф, гуминовые вещества, «безбалластные» гуматы

**ARTIFICIALLY OBTAINED HUMIN SUBSTANCES FOR RESTORATION OF SOILS****Moskalenko T.V., Mikheev V.A., Vorsina E.V.***Mining Institute of the North named after N.V. Cherskiy SB RAS, Yakutsk, e-mail: labkiy@mail.ru*

The article shows that the unique economic-geographical, transport and geopolitical position of the Far Eastern Federal District is a direct prerequisite for the implementation of its breakthrough socio-economic development. The Government of the Russian Federation adopted the Federal Target Program «Economic and social development of the Far East and the Baikal region for the period up to 2025» in order to solve the problems of the region and its development. The territories of priority social and economic development is created for this purpose, the program «Far Eastern hectare» is being implemented to secure labor resources within the framework of which the free provision of land plots. The land plots are issued for farming, forestry and hunting or any other type of business. Therefore, there is a need to protect the region from environmental problems in advance, in particular problems with soil degradation and pollution. One way to restore soil fertility and its de-toxification is humic acids, which can be successfully extracted from peat, lignite, sapropels. A method for obtaining humic substances from brown coals has been developed, an experimental industrial plant for the production of liquid and dry humates in the I Mining Institute of the North named after N.V. Cherskiy SB RAS has been developed, manufactured and tested. The humates obtained by this method are completely dissolved in water (that is, they are classified as «ballastless»), which is the most preferred type of artificially prepared humic substances for soil restoration. The authors note the necessity of creating methodological and organizational bases for agroecological restoration of fertility in this direction, making forecasts of the evolution of soils, both under anthropogenic influences and for agrotechnical measures.

**Keywords:** soil, de-toxication, restoration of fertility, lignite, peat, humic substances, «ballastless» humates

Дальневосточный федеральный округ (ДФО) является наибольшим в России по величине территории и обладает уникальным экономико-географическим, транспортным и геополитическим положением по отношению к странам Азиатско-Тихоокеанского региона, численность населения которых составляет почти половину общемировой. ДФО располагает целым рядом благоприятных факторов для дальнейшего социально-экономического развития. Наиболее значимыми из них являются: уни-

кальный природно-ресурсный потенциал не только на суше, но и на море; наличие железных дорог (Транссиб и БАМ); приграничное положение; незамерзающие морские порты на юге; благоприятные условия для развития сельского хозяйства на юге. С другой стороны, экстремальные природно-климатические условия, слабая освоенность и труднодоступность территории, повышенная сейсмичность являются неблагоприятными природными факторами. К этому можно добавить удаленность

территории от промышленно развитых районов страны, недостаточное развитие автодорожной сети, нестабильность и, следовательно, постоянный отток населения. Сложившаяся структура экономики региона имеет четко выраженную сырьевую направленность, что также сдерживает развитие Дальнего Востока.

С целью решения проблем региона и его развития Правительством Российской Федерации принята Федеральная целевая программа «Экономическое и социальное развитие Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 г.» [1], в рамках которой планируется создать современные комплексы инженерной и транспортной инфраструктуры, ведущие к поступательному развитию территории. Инвестиционные проекты с привлечением внебюджетных средств ориентированы на освоение и развитие минерально-сырьевой базы макрорегиона, включая горнодобывающую отрасль и топливно-энергетический комплекс, а также модернизацию и строительство перерабатывающих производств. Планируется освоение крупных месторождений угля, железной руды, строительных материалов [2–4]. Создание перерабатывающих производств в рамках Федеральной целевой программы (например, Восточного нефтехимического комплекса и Находкинского завода минеральных удобрений в Приморском крае, Гаринского горно-обогатительного комбината в Амурской области и др.) влечет за собой увеличение нагрузки на экологическую ситуацию в регионе [5].

Инструментом развития Дальневосточного федерального округа, ориентированным на глобальную конкурентоспособность, должны стать создаваемые территории опережающего социально-экономического развития (ТОРы), при работе в которых резидентам предоставляются масштабные налоговые льготы. В части привлечения и закрепления трудовых ресурсов на Дальнем Востоке действует программа «дальневосточный гектар», в рамках которой производится бесплатное предоставление земельных участков. Участок разрешается использовать для строительства частного дома, а землю – для ведения сельского, лесного и охотничьего хозяйства или любого другого вида бизнеса.

В связи с этим в регионе возрастает угроза глобального экологического кризиса, вследствие деградации почв. Нарушение почвенного слоя возникает не только

в результате водной и ветровой эрозии, но и при загрязнении почв отходами добычи полезных ископаемых (различных руд, строительных материалов, нефти, газа) и создании дополнительных полигонов захоронения промышленных и бытовых отходов. Особое внимание следует уделить тяжелым металлам, а также радиоактивным элементам и ядохимикатам, применяемым в сельском хозяйстве.

Роль почвы в истории земной коры отнюдь не соответствует тонкому слою, какой она образует на её поверхности. Но она вполне отвечает той огромной активной энергии, которая собрана в живом веществе почвы [6]. Почва является главной составляющей биосферы и выполняет основные функции. Прежде всего, это биотический круговорот веществ: биомасса суши неразрывно связана с почвенным покровом.

Чтобы улучшить физические свойства почвы, применяются удобрения, но необходимо помнить, что немаловажное значение имеет количество гумуса в почве, так как благодаря ему растения получают все нужные полезные вещества. Гуминовые вещества имеют прямое или косвенное влияние на растения. Благодаря их косвенному влиянию происходит активизация микрофлоры, улучшение водно-физических свойств почвы, повышение эффективности использования минеральных удобрений, а также влияние на миграцию питательных элементов. Немаловажным аспектом является связывание токсических реагентов (тяжелых металлов, пестицидов, гербицидов и др.). Прямое воздействие заключается в разносторонней регулятивной функции процессов роста и развития растений.

Природные органические соединения – гуминовые кислоты образуются в процессе гумификации продуктов животного, растительного и микробного происхождения. Основная их часть устойчива к биохимическому расщеплению, поэтому они накапливаются в почве, а также входят в состав торфов, бурых углей, сапропелей. Из этих источников они могут быть выделены растворами щелочей в виде растворимых солей – гуматов.

Большим количеством натуральных испытаний показано, что гуминовые кислоты, выделенные из углей и торфов, обладают всеми качествами нативных почвенных гуминовых кислот. Извлечение этих кислот из разных видов сырья основано на их способности растворяться в щелочных растворах калия и натрия. Производные такого рас-

творения – гуматы (соли гуминовых кислот) хорошо растворимы в воде, обладают физиологически активными свойствами.

### Результаты исследования и их обсуждение

Действие гуматов в большей степени является регуляторным, в меньшей – удобрением, поэтому исследователи не относят их напрямую ни к растительным гормонам, ни к удобрениям. Исследования особенностей этих веществ и оказываемого ими воздействия продолжаются. В данный момент гуматы принято считать совершенно новыми агрохимическими средствами, которые оказывают благотворное воздействие на все типы растений.

Подделок на рынке среди гуматов немного, так как изготовление поддельной продукции обходится намного дороже, чем производство по правильной технологии, но гуминовые препараты, поступающие на рынок от различных производителей, существенно различаются по своим свойствам в зависимости от вида сырья, способа производства препарата и формы готового продукта.

Гуминовые вещества из твердых горючих ископаемых выделяют двумя способами: первый, классический метод, при котором проводят щелочную экстракцию гидроксидами калия или натрия, второй, альтернативный способ, предполагает механическое измельчение бурого угля с твердой щелочью. Остальные существующие способы являются вариациями этих двух и направлены на снижение недостатков каждого из них. Основной недостаток классического способа – это низкий выход гуминовых веществ, сопоставимый с выходом свободных гуминовых кислот из исходного сырья. Альтернативный метод приводит к получению так называемых «балластных» гуматов недостатком которых является высокое содержание нерастворимого остатка. Введение в технологический процесс физических методов воздействия на уголь, температурной экстракции и фильтрации полученного раствора приводит к удорожанию их производства, но позволяет получить «безбалластные» гуматы с высоким выходом.

Гуминовые вещества включают в себя следующие составляющие:

- растворимые только в щелочных растворах гуминовые кислоты;
- растворимые в воде, щелочных и кислых растворах фульвокислоты (они выделяются после отделения гуминовых кис-

лот осаждением и составляют полученный фильтрат);

– извлекаемые из сырого остатка (геля) гуминовых кислот этиловым спиртом гуматомелановые кислоты;

– органическое вещество, которое практически нерастворимо и не извлекается – гумин.

Таким образом, гуминовые вещества являются составными и кроме вышеперечисленных составляющих еще включают в свой состав микроэлементы.

Об этих группах гуминовых кислот обычно говорят во множественном числе (например, гуминовые кислоты), поскольку их состав и свойства меняются в зависимости от источника гуминовых веществ. Исследованиями доказано, что даже в препаратах, полученных из одного источника (одного типа почв, торфа, угля), гуминовые вещества неоднородны, полидисперсны и представлены большим набором сходных по строению, но неидентичных молекул [7].

«Безбалластные» гуматы, то есть полностью растворимые в воде, чаще называют препаратами или стимуляторами роста, а «балластные» гуматы, то есть гуматы, содержащие нерастворимый осадок в том или ином количестве, чаще называют удобрениями. Эта градация обуславливает различные способы их применения и вносимые в почву дозировки.

Для искусственного получения гуминовых кислот используются соли калия или натрия, а в некоторых случаях допускается применение солей аммония, в связи с этим искусственно полученные гуматы принято разделять на виды в зависимости от типа применяемой для извлечения щелочи. Чаще всего для производства используются соли калия или натрия, но в некоторых случаях допускается и применение солей аммония. Самым распространенным считается гумат калия. Он обладает оптимальной кислотностью, нейтрален по химической реакции, а дополнительное обогащение микроэлементами позволяет использовать его не только для обработки посадочного материала, но и для подкормки и стимуляции роста всходов. Гумат натрия имеет меньшую область применения, поскольку обладает более высоким значением pH (до 10 единиц), и его применение на щелочных грунтах противопоказано. Но все виды искусственно полученных гуминовых веществ обладают способностью повышать устойчивость растений к болезням, заморозкам, засухе и другим неблагоприятным условиям.

В сельском хозяйстве гуматы принято в настоящее время использовать несколькими способами: во-первых, растворы «безбалластных» гуматов применяют для предпосевной обработки семян, во-вторых, в период роста и плодоношения – для подкормки слабыми растворами. Для детоксикации почвы предпочтительнее использовать сухие «безбалластные» виды гуминовых веществ. Поскольку исследования в области получения гуминовых веществ и создания гуминовых препаратов продолжаются, сфера их применения постоянно расширяется. В частности, была доказана эффективность этих средств при обработке бедных тепличных грунтов.

В Институте горного дела Севера им. Н.В. Черского СО РАН разработан способ получения гуминовых веществ из бурых углей [8]. В соответствии с этой технологией бурый уголь перемешивается со щелочью и подвергается термообработке с последующей экстракцией гуминовых веществ водой. На основе этого способа разработана, изготовлена и испытана опытно-промышленная установка для производства жидких гуматов. Для получения сухих гуматов в технологическую схему добавляется блок сушки. Продуктом такой переработки являются «безбалластные» физиологически активные гуматы калия или натрия.

В настоящее время сырьем для производства гуматов является бурый уголь Ленского угольного бассейна. Применение в качестве сырья торфа (Нерюнгринский район, Республика Саха (Якутия)) так же показало высокие результаты как по эффективности процесса извлечения, так и по качественным характеристикам получаемого продукта. Испытания установки в опытно-промышленных условиях показали ее высокую эффективность с технологической точки зрения и хорошую физиологическую активность в аспекте последующего применения [9].

По результатам этих испытаний достигнуты следующие показатели:

– выход жидких гуматов из бурых углей Кангаласского месторождения составил 50–56% (при выходе свободных гуминовых кислот 17,9%), из бурых углей Кировского месторождения составил 70–77% и в 4 раза превысил выход свободных гуминовых кислот из этого угля (18,2%), из торфа составил 54–61% (при выходе свободных гуминовых кислот 25,4%);

– выход сухих гуматов из бурых углей Кангаласского месторождения составил

более 80%, из бурых углей Кировского месторождения – 78–86% и из торфа – более 61–73%.

В практике применения гуминовых веществ большое значение имеет правильность приготовления растворов для полива и опрыскивания растений. При разведении растворов в качестве основного вещества из всех входящих в состав гумата органических веществ принимают гуминовые кислоты. Современные рекомендации по применению данного класса препаратов рассматривают как наиболее эффективные следующие концентрации гуминовых веществ по цели применения:

– предпосевное замачивание семян предусматривает применение рабочих растворов концентрацией от 0,01 до 0,08% по основному веществу, замачивание семян проводят от 2–3 часов до 1–2 суток;

– некорневая подкормка в период вегетации проводится рабочими растворами концентрацией по основному веществу от 0,001 до 0,008%, некорневая подкормка в период вегетации производится 2–3 раза за сезон;

– корневая подкормка также проводится рабочими растворами концентрацией по основному веществу от 0,001 до 0,008% до 3–4 раз за сезон с периодичностью 1 раз в 14–15 дней, начиная от появления всходов или после высадки рассады;

– восстановление почв (рекультивацию) рекомендуется проводить рабочими растворами с концентрацией от 0,1 до 0,2% по основному веществу, при этом гумат вносится или непосредственно в почву, или им обрабатывают солому с последующей ее заделкой в почву. При этом кроме восстановления плодородия так же происходит и процесс связывания вредных веществ в почве и их перевод в не усваиваемую растениями форму.

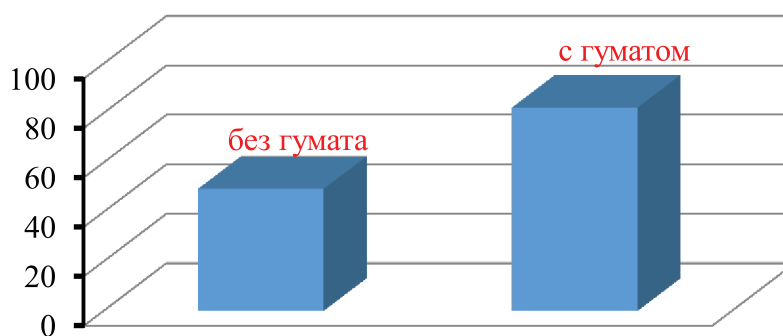
Гуматы, полученные по методу ИГДС СО РАН, полностью растворяются в воде (т.е. относятся к категории «безбалластных»), концентрация в производимом продукте гуминовых кислот (так называемого основного вещества) в растворе при растворении 1 г сухих гуматов в 1 л воды для различных образцов изменяется от 0,16 до 0,29 г/л при pH 8,2–9,2. Разведение до рабочих концентраций снижает pH до 7–7,2.

Из угля в получаемые гуминовые удобрения переходят микроэлементы, столь необходимые для питания растений. Бурый уголь (сырье) и полученные из него гуминовые препараты были проверены на

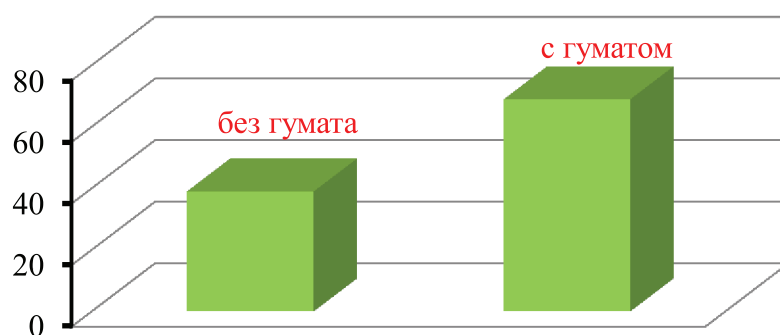
содержание 30 металлов, в том числе тяжелых. В результате установлено, что содержание «малых» элементов в угле и полученных из них гуминовых препаратах не превышает средних фоновых значений, характерных для углей бассейнов бывшего СССР, т.е. применение гуминовых препа-

ратов в качестве удобрений является экологически безопасным.

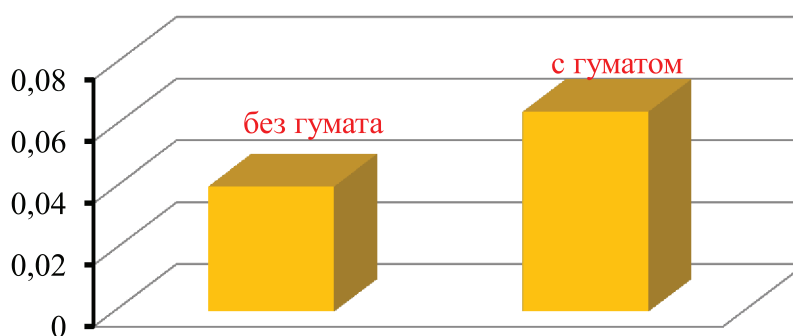
Определение биологической активности по ГОСТ Р 54221-2010 показало следующие результаты: прирост корня – 20–66%; прирост стебля – 70–85%; прирост массы – 59–71% (рисунок).



а)



б)



в)

*Изменение параметров растений при их проращивании под действием гуматов, полученных по методу ИГДС СО РАН из углей Республики Саха (Якутия), по сравнению с контрольным опытом (водный раствор без гумата): а – длина корня, мм; б – длина стебля, мм; в – масса проростков, г*

Было проведено сравнительное тестирование на биологическую активность по проращиванию семян огурцов, рапса, пшеницы в растворе гуматов, полученных по технологии ИГДС, и в растворах гуматов сторонних производителей. Исследование показало, что биологическая активность гуматов, полученных по технологии ИГДС СО РАН, значительно превышает соответствующие показатели прироста длины корня, длины стебля и массы растений, проросших в растворах образцов гуматов сторонних производителей, некоторые из которых даже вели к угнетению роста проростков и снижению темпов набора их массы.

### Заключение

Обобщая свойства гуминовых кислот и полученные результаты их тестирования, можно заключить, что «безбалластные» гуминовые вещества подходят для восстановления плодородия почв, в том числе и при комплексном эколого-экономическом подходе. Исследователями давно считается, что назрела необходимость для создания в этом направлении методических и организационных основ агроэкологического восстановления плодородия, составления прогнозов эволюции почв как при антропогенных воздействиях, так и для агротехнических мероприятий [10]. А для ведения сельскохозяйственного производства на научной основе необходимо периодическое опробование и картирование почв на содержание в них гумуса. Это окажет влияние не только на обеспечение растений элементами питания, но и на интенсивность почвообразовательного процесса, что в общем будет способствовать устойчивому функционированию агросистем.

### Список литературы

1. Экономическое и социальное развитие Дальнего Востока и Байкальского региона на период до 2025 г.: федер. целевая программа [Электронный ресурс]. URL: <https://urexpert.online/wp-content/uploads/2017/03/DVBR2025.pdf> (дата обращения: 16.11.17).
2. Гаврилов В.Л. Оценка состояния открытой разработки угольных месторождений Центральной и Северной Якутии / В.Л. Гаврилов, С.А. Ермаков, Д.В. Хосоев // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 11. – С. 29–36.
3. Москаленко Т.В. Получение водоугольных суспензий из каменного угля Южно-Якутского угольного бассейна / Т.В. Москаленко, В.А. Михеев, Е.В. Часовенко // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2014. – № 4. – С. 113–120.

4. Чебан А.Ю. Техника и технологии разработки угольных разрезов Приамурья и перспективы их развития / А.Ю. Чебан, Н.П. Хрунина // Маркшейдерия и недропользование. – 2015. – № 1. – С. 19–21.

5. Перспективы развития дальневосточного региона и экологические аспекты ведения горных работ / А.Ю. Чебан [и др.] // Системы. Методы. Технологии. – 2015. – № 3 (27). – С. 156–161.

6. Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и её окружения / В.И. Вернадский. – М.: Наука, 1965. – 374 с.

7. Орлов Д.С. Химия почв / Д.С. Орлов, Л.К. Садовникова, Н.И. Суханова. – М.: Высшая школа, 2005. – 560 с.

8. Пат. 2174529 Российская Федерация, МКИ С 10 G 1/04, С 05 F 11/2. Способ получения гуминовых веществ / Новопашин М.Д., Бычев М.И., Михеев В.А., Петрова Г.И., Москаленко Т.В.; заявитель и патентообладатель Ин-т горного дела Севера СО РАН. – № 99122182/04; заявл. 22.10.99; опубл. 10.10.2001, Бюл. № 28. – 6 с.

9. Москаленко Т.В. Бурые угли республики Саха (Якутия) как сырье для получения гуминовых веществ / Т.В. Москаленко, В.А. Михеев // Разведка и охрана недр. – 2015. – № 3. – С. 24–27.

10. Состояние почв Российской Федерации и основные направления стабилизации и повышения их плодородия / А.И. Стифеев [и др.] // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – № 1. – С. 49–52.

### References

1. Jekonomicheskoe i socialnoe razvitie Dalnego Vostoka i Bajkalskogo regiona na period do 2025 g.: feder. celevaja programma [Jelektronnyj resurs]. URL: <https://urexpert.online/wp-content/uploads/2017/03/DVBR2025.pdf> (data obrashhenija: 16.11.17).
2. Gavrilov V.L. Ocenka sostojanija otkrytoj razrabotki ugolnyh mestorozhdenij Centralnoj i Severnoj Jakutii / V.L. Gavrilov, S.A. Ermakov, D.V. Hosoev // Gornyj informacionno-analiticheskij bjulleten. 2010. no. 11. pp. 29–36.
3. Moskalenko T.V. Poluchenie vodougolnyh suspenzij iz kamennogo uglja Juzhno-Jakutskogo ugolnogo bassejna / T.V. Moskalenko, V.A. Miheev, E.V. Chasovenko // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Gornyj zhurnal. 2014. no. 4. pp. 113–120.
4. Cheban A.Ju. Tehnika i tehnologii razrabotki ugolnyh razrezov Priamurja i perspektivy ih razvitija / A.Ju. Cheban, N.P. Hrunina // Markshejderija i nedropolzovanie. 2015. no. 1. pp. 19–21.
5. Perspektivy razvitija dalnevostochnogo regiona i jekologicheskie aspekty vedenija gornyh robot / A.Ju. Cheban [i dr.] // Sistemy. Metody. Tehnologii. 2015. no. 3 (27). pp. 156–161.
6. Vernadskij V.I. Himicheskoe stroenie biosfery Zemli i ejo okruzenija / V.I. Vernadskij. M.: Nauka, 1965. 374 p.
7. Orlov D.S. Himija pochv / D.S. Orlov, L.K. Sadovnikova, N.I. Suhanova. M: Vysshaja shkola, 2005. 560 p.
8. Pat. 2174529 Rossijskaja Federacija, MKI S 10 G 1/04, C 05 F 11/2. Sposob poluchenija guminovyh veshhestv / Novopashin M.D., Bychev M.I., Miheev V.A., Petrova G.I., Moskalenko T.V.; zjavitel i patentoobladatel In-t gornogo dela Severa SO RAN. no. 99122182/04; zjavl. 22.10.99; opubl. 10.10.2001, Bjul. no. 28. 6 p.
9. Moskalenko T.V. Burye uglj respubliky Saha (Jakutija) kak syre dlja poluchenija guminovyh veshhestv / T.V. Moskalenko, V.A. Miheev // Razvedka i ohrana neдр. 2015. no. 3. pp. 24–27.
10. Sostojanie pochv Rossijskoj Federacii i osnovnye napravlenija stabilizacii i povyshenija ih plodorodija / A.I. Stifeev [i dr.] // Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj selskohozjajstvennoj akademii. 2015. no. 1. pp. 49–52.