

УДК 622.232.5:622.2

Е.З. МАЛАНЧУК, д-р техн. наук, доц., В.Я. КОРНИЕНКО, канд. техн. наук, доц.,
З.Р. МАЛАНЧУК, д-р техн. наук, проф.,
Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДОБЫЧИ ЯНТАРЯ В РОВЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

В работе описано сегодняшнее состояние и перспективы добычи янтаря в Украине, в частности, в Ровенской области. Отмечается, что ровенский янтарь отличается своим химическим составом. Он наиболее насыщенный примесями и включает 18 химических элементов. Кроме кремния, магния, железа, кальция, которые присутствуют почти во всех месторождениях, добавляются такие как свинец, цирконий и до 3.19% серы. Добыча янтаря в основном осуществляется двумя способами: механическим и гидравлическим. Однако все они сопровождаются выносом минерального грунта на поверхность месторождения, не обеспечивают полного извлечения янтаря с месторождений, энергоемкие, приводят к изменению структуры почв, образование полостей и соответственно оказывают значительное негативное техногенное воздействие на окружающую среду.

Для интенсификации процесса извлечения, при котором достигается высокая производительность и эффективность, а также уменьшается негативное экологическое воздействие на окружающую среду авторами разработана технология интенсификации процесса добычи янтаря из месторождений за счет использования гидромеханического способа подъема янтаря на поверхность песчаного месторождения.

Суть указанного способа заключается в том, что массив насыщается водой и активизируется путем механического вибровозбуждения до образования сплошного суспензного слоя такой плотности, при которой возникает выталкивающая сила, которая поднимает янтарь на поверхность месторождения.

Данная технология интенсифицирует процесс извлечения янтаря, при котором достигается высокая производительность и эффективность, а также уменьшается негативное экологическое воздействие на окружающую среду.

Ключевые слова: янтарь, гидромеханический способ, интенсификатор, извлечение.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. На Ровенщине, в ее северных районах, найдены большие залежи янтаря. Наиболее разведанным является Клесовское месторождение, в Сарненском районе. На территории Украины янтарь находят на Воляни, в бассейне р. Припять, в районе г. Киев и в Прикарпатье. Суммарные запасы оцениваются в 100 тыс. т, преимущественно залегают в песчаных и песчано-глинистых почвах на глубине до 15 м и достаточны для исследования и внедрение новых технологий.

Ровенский янтарь отличается своим химическим составом. Он наиболее насыщенный примесями и включает 18 химических элементов. Кроме кремния, магния, железа, кальция, которые присутствуют почти во всех месторождениях, добавляются такие как свинец, цирконий и до 3.19 % серы. Зольность Клесовского янтаря - 8.7 %. Это влияет на качество и цвет затвердевшей смолы. Янтарь - это минерал класса органических соединений, смола хвойных деревьев в основном палеогенового периода. Состав янтаря: воздушно ароматическое масло, две растворимые фракции смолы, янтарная кислота и 90 % нерастворимых фракций. Его химическая формула - $C_{25}H_{40}O_4$. Янтарь - аморфный полимер, имеет множество цветов, дает специфический ИК-спектр (в пределах $700\div 1900\text{см}^{-1}$), что отличает его от других подобных смол. Температура плавления $t=365\div 390$ °С. Удельный вес - $1000\div 1100$ кг/м³ (в Прибалтике встречается и 970 кг/м³, а в Прикарпатье - 1220 кг/м³). Хорошо поддается механической обработке. Не растворяется в воде (частично в спирте - 20÷25 %, эфире - 18÷23 %, хлороформе - до 20 %), но может набухать и увеличиваться в объеме до 8 % при длительном пребывании в ней. Полностью распадается в горячей концентрированной азотной кислоте, можно размягчить при $t=100$ °С.

Анализ исследований и публикаций. В мире янтарь встречается по берегам Балтийского моря, в странах Прибалтики, Польши, Германии, Дании, Швеции, Белоруссии. Крупнейшим месторождением до сих пор было Приморское (Пальмникенское) в Калининградской области Российской Федерации.

Янтарь залегают в песчаных или песчано-глинистых почвах. Глубина залегания небольшая - до 10-15 м.

В Прибалтике и Калининградской области Российской Федерации для добычи янтаря используют карьерный способ, с разработкой месторождений земснарядами и с использованием

гидромониторов. На сегодня известен также гидравлический способ, который сопровождается закачкой жидкости в янтареносный массив с последующей откачкой грунтовой пульпы на поверхность месторождения.

В Клесовском месторождении добыча янтаря осуществляют открытым карьерным способом. Янтарь залегает в песчаном грунте. Глубина залегания - до 15 м. У месторождения находится гранитный карьер со значительным запасом воды. Месторождение расположено недалеко от дорог и электросети. В 2006 году добыча янтаря достигла 3200 кг за год за счет использования при извлечении янтаря нового экскаватора ЭШ-5/45 и стабильным финансированием из государственного бюджета. При этом за 2006 год объемы работ в карьере составляют: вскрышные работы - 23,6 т/м³; горная масса - 17,466 т/м³; рекультивация за месяц - 0,5 га. При стабильном финансировании объемы добычи растут.

Стоимость куска янтаря зависит от уникальности образцов и устанавливается экспертным путем.

Для определения стоимости разработана методика, которая включает в себя классификацию кусков янтаря по форме (форма А,В,С,Д), размеров (от 1 до 5) и цвета (Цвет 1, Цвет 2, Цвет 3 и Цвет 4).

Форма А - форма образца близка к изометрической, поверхность ровная, без бугорков и впадин. Соотношение от малых до больших показателей линейных размеров составляет величину не более 0,75.

Форма В - форма образца близка к изометрической, поверхность ровная имеющая впадины или бугорки (глубина которых не более 3 мм). Соотношение от малых до больших показателей линейных размеров составляет величину не более 0,5.

Форма С - форма образца не изометрическая, имеется сложная поверхность с углублениями до 5 мм. Соотношение от малых до больших показателей линейных размеров составляет величину не более 0,15.

Форма Д - форма образца совсем не изометрическая, сложная, необычная, искажена, пластинчатая, поверхность трещиноватая с глубокими углублениями, холмами и даже отверстиями. Соотношение от малых до больших показателей линейных размеров составляет величину не более 0,15.

Размер 1 - это уникальные образцы: более 100 мм по наибольшему линейному измерению.

Размер 2 - это большие образцы: более 50 мм по наибольшему линейному измерению.

Размер 3 - это средние образцы: более 25 мм по наибольшему линейному измерению.

Размер 4 - это маленькие образцы: более 10 мм по наибольшему линейному измерению.

Размер 5 - это мелкие образцы: меньше 10 мм по наибольшему линейному измерению.

Цвет 1 - редкий окрас. Прозрачный красный, зеленовато-лимонный, голубовато-зеленовато-желтый, полупрозрачный зеленовато-лимонный, белый с зеленым и голубым оттенком. Все цвета чистые без визуальных дефектов.

Цвет 2 - традиционно окрашен. Коричневый, золотисто-желтый, желтый без инклюзов и дефектов.

Цвет 3 - традиционный коричнево-желтый, желтый с оттенком сероватым с незначительным количеством микроскопических инклюзов, неравномерно окрашен.

Цвет 4 - загрязненный прозрачный, полупрозрачный и непрозрачный серо-коричневый, частота испорчена.

Стоимость колеблется от 3000 \$ за 1 кг янтаря формы А, размера 1 и цвета 1 до 5 \$ за кусок формы С или Д, размер 5 и цвет 1-4.

За готовую продукцию стандартов А,В,С,Д,Е стоимость колеблется от 0,4 0,5 до 1 \$ / гр.

Добыча янтаря в основном осуществляется двумя способами: механическим и гидравлическим.

Механический способ включает в себя механическую разработку массива грунта в открытом карьере или под землей.

Таким образом, добыча янтаря включает: вскрытие продуктивного слоя почвы, экскавационные работы, транспортировки породы от места разработки до грохота, где происходит отделение янтаря от породы путем мытья породы, рекультивацию земель.

Недостатками данного способа являются большие эксплуатационные и экономические затраты, вынос породы на поверхность и отрицательное экологическое воздействие на окружающую среду.

Способ скважинной гидравлической добычи полезных ископаемых включает вскрытие продуктивного горизонта скважинами по контуру добывающей камеры, их обсадку, установление в них гидродобычного оборудования с подъемным устройством, сообщение между скважинами, подрезание продуктивного горизонта и заполнения подрезаны щели водой, разрушение пород продуктивного горизонта в подрезную щель, гидроразрыв породы в затопленном забое и поднятия пульпы на поверхность по скважине самоизливом за счет постоянного поступления жидкости в рабочую зону в центре добычной камеры.

Способ реализуется следующим образом. В месторождение по контуру добывающей камеры бурят периферийные скважины глубже уровня продуктивного горизонта с диаметром достаточным для размещения в них гидродобычного оборудования. В центре добывающей камеры бурят дополнительную подъемную скважину диаметром, который бы обеспечивал свободное прохождение янтаря максимального диаметра. Скважины обсаживают обсадными трубами до границы продуктивного горизонта. Затем в периферийных скважинах размещают гидродобычное оборудование, включая гидромонитор и подъемное устройство. Гидромонитор выводят на уровень границы подстилающих пород, размывает, формируя на границе с продуктивным горизонтом, горизонтальную подрезную щель. Вращением гидромонитора в горизонтальной плоскости образуют в пределах добывающей камеры сектор размыва. Для уменьшения времени формирования подрезной щели размыв ведется в осушенном забое. При выдаче пульпы на поверхность используют подъемное устройство.

После образования подрезной щели гидромонитор выводят на уровень первого подрезного слоя продуктивного горизонта. Гидромониторами формируют подрезную щель с прямым уклоном в сторону дополнительной подъемной скважины, а нижний торец обсадных труб поднимают до верхней точки кровли первого подрезного слоя.

В процессе формирования наклонной подрезной щели горизонт заполняют водой до уровня подъемного устройства.

По мере углубления наклонной подрезной щели происходит обвал слоя продуктивного горизонта в выработанное пространство подрезной щели. После соединения подрезной щели с верхним торцом обсадных труб подъем пульпы останавливают и начинают размыв в забое обрушившегося слоя.

При этом обеспечивается дезинтеграция частиц породы и янтаря, освобождается от связей с массивом грунта. Глинистая фракция переходит в пульпу, плотность которой достигает $1,2 \text{ г/см}^3$. Песок выпадает в осадок, как более тяжелая фракция.

Поскольку удельный вес янтаря составляет $1,00-1,11 \text{ г/см}^3$, то он за счет выталкивающей силы и силы потока пульпы поднимается до нижнего торца обсадных труб.

После размыва первого обрушившегося слоя продуктивного горизонта гидромонитор выводят на уровень второго слоя, а обсадные трубы поднимают до верхней точки кровли второго подрезного слоя, формируют подрезную щель и размывают второй продуктивный горизонт.

Операции повторяют до полной разработки всего продуктивного горизонта [1-6].

В частных артелях добыча янтаря осуществляется именно гидравлическим способом с низким уровнем механизации и больших потерях янтаря из-за несовершенства технологии добычи полезных ископаемых из песчаных месторождений.

Известны и другие способы скважинной добычи полезных ископаемых, например, с использованием смесей различной вязкости.

Однако все они сопровождаются выносом минерального грунта на поверхность месторождения, не обеспечивают полного извлечения янтаря с месторождений, энергоемкие, приводят к изменению структуры почв, образованию полостей и соответственно оказывают значительное негативное техногенное воздействие на окружающую среду.

Постановка задачи. Таким образом, на сегодня добыча янтаря требует новых технологий и создание средств для интенсификации процесса извлечения, при котором достигается высокая производительность и эффективность, а также уменьшается негативное экологическое воздействие на окружающую среду.

Изложение материала и результаты. Для достижения этой цели Национальным университетом водного хозяйства и природопользования совместно с Институтом геотехнической механики им Н.С. Полякова НАН Украины разработана технология интенсификации процесса добычи янтаря из месторождений за счет использования гидромеханического способа подъема янтаря на поверхность песчаного месторождения [7,8].

Суть указанного способа заключается в том, что массив насыщается водой и активизируется путем механического возбуждения (вибровозбуждения) до образования сплошного суспензного слоя такой плотности, при которой возникает выталкивающая сила, которая поднимает янтарь на поверхность месторождения.

Механическим воздействием, при наличии в массиве воды, массив приходится к полной потере связей между частицами, высвобождение янтаря и достижения средой суспензного состояния с плотностью, которая больше от удельной силы притяжения янтаря, что позволяет последнему всплывать на поверхность месторождения за счет Архимедовой силы.

Для реализации способа необходимо в янтароносном массиве вибрационным методом погрузить штанги в виде труб из которых подается вода и на которых закреплены вибровозбудители. При этом массив насыщается водой и вибровозбудителями приводится в колебательное движение. Янтарь освобождается от связей со средой и всплывает на поверхность.

Реализация способа при полной добычи из месторождения янтаря позволяет исключить выход минеральной породы на поверхность месторождения, а тем и уменьшить негативное техногенное воздействие на окружающую среду, повысить производительность труда с уменьшением общих расходов.

Для реализации гидромеханического способа можно использовать вибрснаряд [9-11], который включает возбудитель колебаний и разнесены на вертикальных стержнях (выполненных пустотелыми) биконические виброизлучатели.

Максимальное разнесение по вертикали виброизлучателей, расположенных на одной оси, определяется контактом виброкипящих слоев виброизлучателей соседних высотных уровней. Это позволяет вокруг каждого биконического виброизлучателя создать зону кипения почвы, которая перекрывается соседней.

Виброснаряд закрепляется на специальную базу. Процесс сжижения почвы происходит следующим образом. В янтароносный массив вибрационным методом погружаются стержни с биконическими виброизлучателями при одновременной подаче через них воды и воздуха в массив грунта. Массив виброизлучателями приводится в колебательное движение, при этом образуется зона сплошного кипения почвы.

Янтарь отделяется от массива и под действием выталкивающей силы всплывает на поверхность. Суспензная среда позволяет свободно двигаться виброустройству в продольном направлении.

Использование виброснаряда для добычи янтаря с месторождений позволяет достичь полное извлечение янтаря с месторождения, увеличить производительность труда, уменьшить энергоемкость и отрицательное техногенно-экологическое воздействие на окружающую среду.

Выводы и направления дальнейших исследований. Для увеличения объемов добычи при снижении себестоимости отрасль требует внедрения современных технологий добычи янтаря.

В условиях тяжелого экономического положения в Украине инвестиции от государства отсутствуют. Добыча янтаря устаревшим способом требует затрат средств и времени на добычу и переработку значительных объемов грунта для получения янтаря. Изготовление новых установок тормозится отсутствием инвестиций в отрасль.

Необходимо привлечь иностранный капитал, который заинтересован в получении прибыли. С помощью современных технологий, возможно, полностью извлечь янтарь из месторождения. Для их внедрения необходимо сравнительно небольшие средства, что позволит за короткий период получить прибыль и окупить вложения.

Список литературы

1. **Иванов П.Л.** Грунты и основания гидротехнических сооружений. Механика грунтов / П.Л.Иванов. - М., Высш. шк., 1991.- 447 с.

2. **Савинов О.А.** Вибрационная техника уплотнения и формирование бетонных смесей / О.А. Савинов, Е.В.Лавринович // - Л.: Стройиздат, Лен.отд., 1986. – 278 с.
3. **Маслов Н.Н.** Основы инженерной геологии и механики грунтов/Н.Н.Маслов- М., Выща школа, 1982. – 511 с.
4. **Ляхов Г.М.** Волны в грунтах и пористых многокомпонентных средах/ Г.М. Ляхов.- М., Наука, 1982. – 288 с.
5. **Членов В.А.** Виброкопящий слой / В.А.Членов, Н.В. Михайлов. - М.: Наука. - 1972. – 344 с.
6. Теория турбулентных струй / **Абрамович Г.Н., Гиршович Т.А., Крашенинников С.Ю., Секундов А.Н., Смирнова И.П.** Изд. 2-е перераб. и доп. / Под ред. Г.Н.Абрамовича. - М.: Наука, 1984. – 745с.
7. Патент України №32201. Спосібвилученнябурштину з родовища /**Романовський О.Л., Нікітін В.Г., Корнієнко В.Я.** та інші/ НДЦПЕ, Київ, 2004, Бюл.№9.
8. **Malanchuk Z., Korniyenko V.** Modern condition and problems of extraction of amber in Ukraine. *Canadian Journal of Science and Education*, №2 (6), July-December, Volume I. "Toronto Press", 2014. P. 372 -376
9. **Корнієнко В.Я.** Дослідження сегрегації при видобутку бурштину з родовищ. Вісник НУВГП, Зб. наукових праць. Вип. 3 (67), Рівне, 2014, с. 120-126
10. **Булат А.Ф., Надутий В.П., Корнієнко В.Я.** Опыт применения вибраторных установок в технологии добычи янтаря. Всеукраїнський науково-технічний журнал «Вібрація в техніці та технологіях», м. Вінниця, №4(80) 2015, с.128-131
11. Патент України №84108. Вібропристрій / **Корнієнко В.Я., Романовський О.Л., Хітров І.О., Мачук Є.Ю./** ДСІВУ, Київ, 2013, Бюл.№19.

Рукопись поступила во редакцию 14.04.16

УДК 502.654

Т.Ф. ЯКОВИШИНА, канд. сільгосп. наук, доц.
ДВНЗ “Придніпровська державна академія будівництва та архітектури”

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ПОЛІЕЛЕМЕНТНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ ҐРУНТІВ м. ДНІПРОПЕТРОВСЬКА

В статті проаналізовані існуючі в Україні та за кордоном підходи щодо нормування елементного та поліелементного забруднення ґрунтів важкими металами. Актуальність даної роботи стосується пошуку адекватної екологічної оцінки поліелементного забруднення важкими металами ґрунтів міст промислових агломерацій з прив'язкою до рівня здоров'я, що має велике науково-практичне завдання для забезпечення норм екологічної безпеки для населення при функціонуванні урбоєкосистем. Детально проаналізовані підходи щодо визначення коефіцієнтів концентрації, фактору забруднення за окремими хімічними елементами, а також сумарного показника забруднення та ступеня забруднення з подальшою його модифікацією, що дало змогу встановити між ними невідповідності. Обґрунтована доцільність використання сумарного показника забруднення Ю.В. Саста, як такого, що не зводить комплексний вплив важких металів до простої сумачі, проте відносно нього виявлена невідповідність визначеної категорій забруднення санітарно-гігієнічному нормативу – ГДК. На прикладі м. Дніпропетровська здійснена екологічна оцінка поліелементного та поліелементного забруднення ґрунтів урбоєкосистеми важкими металами. Досліджувані важкі метали (Cu, Zn, Pb, Cd, Ni) відносились до пріоритетних забруднювачів ґрунтів, адже виконувались умови перевищення коефіцієнту концентрації у два рази. Встановлено, що ступень забруднення змінювався від дуже слабкого – 27, слабкого – 17, помірного – 17, до сильного – 4 ділянки відбору проб відповідно. Лівобережжя м. Дніпропетровська в меншій мірі було забруднено, ніж Правобережжя. Ареали сильного ступеня мають локальний характер і зумовлюються накладанням дії автотранспорту на зони впливу промислових підприємств машинобудівної та оброблювальної промисловостей.

Ключові слова: важкі метали, ґрунт, екологічна оцінка, поліелементне забруднення, урбоєкосистема, нормування, коефіцієнт концентрації.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Важкі метали (ВМ) є одними з самих небезпечних забруднювачів екологічних систем і біосфери в цілому, адже їх негативний вплив на здоров'я людини добре відомий, а саме: Cd блокує сульфгідрильні групи ферментів, порушує синтез ДНК, обмін Fe і Ca, призводить до цирозу печінки, протеїнурії; Pb блокує білки, інгібує ферменти, сприяє ураженню нервової системи; Zn викликає порушення розвитку; Cu - спричиняє руйнування кісткової тканини тощо [1]. За даними ВООЗ рівень здоров'я людини на 60 % визначається якістю навколишнього середовища, так згідно джерела [2] величина сумарного показника забруднення ґрунту ВМ обумовлює певні зміни показників захворюваності населення в осередках геохімічних аномалій техногенного походження, що знаходяться, а іноді навіть виходять за межі мегаполісів. В урбоєкосистемі за наявності значного антропогенного тиску міський ґрунт за Г.В. Мотузовою та О.С. Безуглою (2007) виконує наступні екологічні функції: по-перше, протекторну, що полягає в здатності поглинати й депону-