

**Андрющенко Владимир Александрович,**  
кандидат педагогических наук, учитель физики МБОУ СОШ № 4 г. Радуж-  
ный Югра-ХМАО, г. Радужный  
[yuamort@yandex.ru](mailto:yuamort@yandex.ru)



## **Моделирование региональных экологических ситуаций в демонстрационных экспериментах и задачах-оценках по физике**

**Аннотация.** Моделирование природных процессов при экологических исследованиях функционирования экосистем может быть реализовано через комплекс физических демонстраций и задач с оценкой, связанных с углеводородными загрязнениями гидро- и атмосферы, кислотными осадками, местными озоновыми дырами, загрязнением воздуха мелкодисперсными частицами и так далее. Создание и анализ разработанных автором учебных моделей по физике позволяют учащимся выявить природу региональных экологических проблем, оценить их опасность, количественно рассчитать последствия, предложить пути их решения.

**Ключевые слова:** экологическое образование, обучение физике, межпредметные связи, моделирование природных процессов, региональные экологические проблемы.

**Раздел:** (01) педагогика; история педагогики и образования; теория и методика обучения и воспитания (по предметным областям).

Развитие современной экологии во многом обусловлено влиянием не только естественных, но и точных наук, в том числе физики. Такие понятия экологии, как потоки энергии и круговороты в природе, тесно взаимосвязаны с фундаментальными законами физики и являются предметом ее исследования.

Содержание экологических законов определяется сущностью методологических принципов: сохранения, направленности процессов в природе, симметрии. В то же время некоторые физические законы так или иначе определяют биосферные процессы, состояние и динамику экологических явлений, связанных с воздействием внешних факторов на живые организмы, а также адаптацию биоты к изменяющимся из-за антропогенного и природного воздействия условиям.

Физические методы научного исследования природы, в частности моделирование экологических ситуаций, важны по той причине, что многие экологические решения основаны на интерпретации физических законов. Наиболее общие закономерности природы лежат в основе реализации большинства технических разработок, внедрение которых в природные сообщества является главной причиной негативного антропогенного влияния на экосистему Земли. Знания и учет физических аспектов на уровне практических технологий важны при прогнозировании экологических ситуаций.

Решение основных экологических проблем невозможно без раскрытия связей между природой и обществом, без выяснения основных причин, порождающих глобальные экологические проблемы, и поиска способов их устранения. Поэтому особую роль мы отводим комплексному исследованию состояния экосистем и техносистем, анализу проблем и проектированию изменений на основе построения моделей.

Составляющей частью научного познания является *метод аналогий*. Аналогия – это прием познания, при котором на основе сходства объектов в одних признаках делается заключение об их сходстве с другими признаками. Умозаключение по аналогии составляет гносеологическую основу моделирования. Моделирование как составляю-

щая научного познания является аналогией, так как истинные знания могут быть получены в результате изучения только такой модели, которая аналогична изучаемому объекту в строго определенном отношении. В общем смысле термина В. А. Штоф [1] определяет *модель* как любую систему, мысленно представляемую или реально существующую, которая находится в определенных отношениях с другой системой (обычно называемой оригиналом, объектом, натурой) так, что при этом выполняются следующие условия: 1) условие отражения или аналогии, требующее, чтобы между моделью и оригиналом имелось бы соотношение сходства, явно выраженное и точно зафиксированное; 2) условие репрезентации, в соответствии с которым модель должна быть заместителем оригинала в процессе познания; 3) условие экстраполяции, по которому изучение модели должно позволять получать информацию об оригинале.

В других источниках [2] модель определяется как созданная или выбранная субъектом система, упрощенно воспроизводящая существенные для данной цели познания стороны изучаемого объекта и в силу этого находящаяся с ним в таких отношениях сходства и замещения, или изоморфизма (гомоморфизма), что ее исследование или оперирование ею служит опосредованным способом получения знаний об объекте. Наиболее распространено понимание модели как мысленно представляемой или материально реализованной системы, которая, отображая или воспроизводя объект исследования, способна замещать его так, что ее изучение дает новое знание об объекте изучения.

Анализ экологических проблем проводится для выяснения причин нарушений экологического равновесия и их устранения. На основе результатов, полученных в процессе наблюдений и измерений показателей экосистемы, строятся различные модели: ее детальный план, описания, графики, диаграммы, уравнения изменений параметров основных факторов, эмпирические соотношения.

Анализ моделей позволяет не только выявить последствия нарушения природного равновесия, но и определить физические факторы, вызывающие данное нарушение, научиться оценивать опасность антропогенного вмешательства в экосистему, количественно рассчитать их реальные последствия, получить представление о методах предупреждения и предотвращения последствий экологического загрязнения. Проектирование изменений предполагает разработку конкретных предложений по предупреждению возможных нежелательных последствий загрязнения биосферы и их устранению.

Главная экологическая проблема ХМАО – проблема углеводородного загрязнения [3]. Значительное количество загрязняющих веществ поступает в окружающую среду при добыче, неправильном хранении и транспортировке нефти и нефтепродуктов. Общая токсичность нефти невысока. В то же время некоторые компоненты продуктов биоразложения нефти (к примеру, полиароматические и полициклические соединения) отличаются мутагенностью, канцерогенными свойствами и тератогенностью. На громадных территориях продолжается загрязнение, замазучивание подземных и поверхностных вод нефтепродуктами, буровыми растворами. Одна тонна нефти способна перекрыть мономолекулярным слоем 12 км<sup>2</sup> поверхности водоема, для нейтрализации 1 л нефти требуется почти 0,5 млн л чистой воды. Почти повсеместно содержание нефтепродуктов в воде превышает предельно допустимые концентрации (0,05 мг/л) в несколько раз [4, 5]. Наличие молекул пленки на поверхности воды уменьшает испарение (на 60%), затрудняет газо- и влагообмен между атмосферой и водоёмом, нарушает равновесие в водных экосистемах. Изменение прозрачности атмосферы, воды вследствие задымления, загрязнения существенно влияет на их прогревание, что может привести к необратимым тепловым изменениям в биосфере.

Также значительный источник загрязнения воздуха нефтедобывающего комплекса Югры – сжигание в факелах неутилизованного нефтяного газа. Горение факелов является мощным источником тепла, что приводит к изменению теплового режима в атмосфере, усилению конвективных токов за счёт интенсивной ионизации, а также образованию туманов. Изменяются физические свойства атмосферы: её прозрачность, конвективность газов. Всё это вызывает значительную деградацию естественных биоценозов. В результате данного процесса в атмосферу выбрасывается значительное количество опасных химических соединений, сжигается кислород, необходимый для окисления углеводородов. Так, при сгорании 1 кг природного газа сжигается 37,28 л атмосферного кислорода, что составляет примерно 30,5 тыс. м<sup>3</sup> природного газа на один факел. Не в этом ли кроется одна из причин (пусть и несущественная) нехватки кислорода в атмосфере вышеназванного района?

Демонстрация следующего характера наталкивает на мысль о возможности решения экологической проблемы. Широкую стеклянную трубку устанавливаем в вертикальном положении, зажав ее в лапке штатива на изолированной подставке. В нижнюю часть вводим кусок латунной фольги, согнутой в неполный цилиндр, высотой несколько меньшей, чем сама трубка. Сквозь стеклянную трубку пропускаем упругую проволоку и укрепляем ее в двух других лапках штатива с изолирующими рукоятками так, чтобы проволока располагалась по осевой линии трубки. При помощи зажимов один конец проволоки и фольгу соединяем соответственно с отрицательным и положительным полюсом источника высокого напряжения. В момент включения источника между стенками трубки и проволокой создается электрическое поле. Если ввести дым в собранную и находящуюся под напряжением установку через нижнее отверстие трубки, то воздух, выходящий из верхнего отверстия трубки, будет очищен от дыма. Что способствует очищению воздуха? Объясняется данное явление тем, что под действием электрического поля частицы дыма, наэлектризовавшись при трении о воздух в восходящей струе, будут осаждаться на проволоке. Необходимо отметить, что данный эксперимент моделирует очистные сооружения (фильтры), помещаемые в дымовые трубы для очистки выбрасываемого через них воздуха. Загрязнение воздуха в значительной степени сказывается на электрическом состоянии атмосферы: чем выше содержание в атмосфере посторонних частиц, тем большее число ионов оседает на них. Это отрицательно сказывается на электропроводности воздуха и его способности к самоочищению.

Имеется и другая сторона данной проблемы. Копоть, возникающая от пламени горелки, может быть ликвидирована, если поднести сверху вертикальную стеклянную трубку. Известно, что при повышении температуры воздуха его плотность уменьшается. Это приводит к конвекции: нагретый, менее плотный воздух, обедненный кислородом, поднимается. На его место поступает более холодный воздух, обеспечивая тем самым приток кислорода, необходимого для горения пламени. В процессе конвекции потоки воздуха, движущиеся в противоположных направлениях, тормозят друг друга, частично смешиваясь. При ограничении доступа кислорода пламя коптит (содержит большое количество сажи – несгоревшего, не окислившегося углерода). Однако если сверху поднести вертикальную стеклянную трубку, создается заметный поток воздуха, обусловленный разностью давления на концах трубки. При этом взаимодействие со встречным потоком отсутствует, что обуславливает высокую скорость потока холодного воздуха (воздух в восходящую струю попадает лишь снизу, где давление максимально) и удаление продуктов сгорания из области горения. Данная демонстрация позволяет сделать вывод о возможности, пусть и технически сложной, уменьшить количество выбрасываемых, несгоревших химических соединений.

С позиции экологии диффузия – это явление проникновения загрязнителей в те вещества, которые обеспечивают жизнедеятельность растительного и животного мира. Для наглядной демонстрации в жидкости традиционно используются такие вещества, как перманганат калия или медный купорос. Однако данные вещества относятся к негативно влияющим на экосистему. Мы предлагаем использовать экологически чистый вариант демонстрации данного явления, то есть заменить перманганат калия либо крепко заваренным чаем, либо свекольным соком, обладающим интенсивной окраской. Использование цифрового микроскопа позволяет отслеживать процесс протекания диффузии этих веществ в воде. Данные вещества также могут быть применены при демонстрации капиллярных явлений. Необходимо смоделировать процесс так, чтобы продемонстрировать процесс поднятия по «капиллярам растений» из почвы не только растворенных в воде полезных веществ, но и вредных, часть из которых накапливается в растениях и может в дальнейшем попасть в пищу, причиняя вред. Для наглядного опыта могут быть использованы полоски фильтровальной бумаги высотой не менее 10 см. В первый сосуд наливаем чистую воду, а в другой – воду, подкрашенную свекольным соком. Погружаем в каждый из сосудов полоску фильтровальной бумаги и наблюдаем поднятие воды по полоскам – имитаторам растений, причем в первом сосуде вода будет чиста, в другом – загрязнена, окрашена в соответствующий «загрязнителю» цвет. В процессе изучения капиллярных явлений устанавливаем характерные закономерности, влияющие на интенсивность подъема жидкостей, рассчитываем диаметр капилляров и так далее.

Кислотные дожди также одна из экологических проблем ХМАО. Такие осадки характеризуются кислотностью ниже чем 5,5 (иногда данный показатель может достигать уровня в 2,5) и способны наносить значительный ущерб техническим сооружениям, памятникам искусства, природным экосистемам. Закисление осадков обусловлено попаданием в атмосферу оксидов серы и азота. Основным источником  $SO_2$  в Нижневартовском районе – продукты сгорания нефти и природного газа, содержащие в своем составе сераорганические соединения. Оксид серы  $SO_2$  в результате фотохимического окисления в атмосфере превращается в серный ангидрид, образующий с атмосферной влагой серную кислоту. Датчик pH-метр (диапазон измерения 0-14 единиц pH) цифровой лаборатории «Архимед» позволяет измерять уровень pH осадков и, соответственно, делать выводы о состоянии окружающей среды.

Проблема озоновых дыр встала перед человеческой цивилизацией сравнительно недавно, тем не менее, она признана одной из самых опасных угроз. Согласно данным института экологии растений и животных (г. Екатеринбург), при каждом запуске космического аппарата в озоновом слое Земли образуется «дыра» эллиптической формы, размером в поперечнике 1800 км, которая после взлета ракеты-носителя «затягивается» лишь через пять-десять суток [6]. В результате запусков с космодрома «Плесецк» образуется озоновая дыра, покрывающая значительную часть территории ХМАО-Югры. В связи с этим на территории нашего округа был зафиксирован рост терат (аномалий в развитии отдельных органов и тканей живых организмов), который может являться примером губительного воздействия солнечной радиации на биоту.

Сформулируем учебную задачу: исследовать возможность запуска «космических аппаратов», используя экологически чистый источник энергии – энергию электрического поля Земли [7] ( $E_3 \approx 130$  В/м) – экологически чистого источника энергии. Идеализация и абстрагирование в данном случае предполагают ряд упрощающих предположений и условий: 1) не учитываем вращение Земли вокруг собственной оси,



то есть  $v_0 = 0$ ; 2) пренебрегаем сопротивлением воздуха; 3) космический аппарат рассматриваем в виде тела сферической формы. Произведем некоторые оценки. Рассчитаем потенциал  $\varphi$  Земли и электрический заряд  $Q$ :

$$Q = 4\pi\epsilon_0 R_3^2 E \approx 5,9 \cdot 10^5 \text{ Кл},$$

$$\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 R_3} \approx 8,3 \cdot 10^8 \text{ В}.$$

Максимальный заряд, который может быть получен металлической «ракетой» сферической формы радиусом  $r$ , за счет непосредственного контакта с Землей может быть рассчитан на основе закона сохранения заряда. До тех пор, пока не сравняются потенциалы электрических зарядов, они будут перетекать от Земли к сфере, накапливая максимальный заряд.

$$Q_{\max} = \frac{rQ}{R_3}$$

Для того чтобы рассчитать массу ракеты, предположим, что ее средняя плотность приблизительно равна  $\rho \approx 1000 \text{ кг/м}^3$ . Масса будет рассчитываться по формуле

$$m = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho.$$

Воспользуемся законом сохранения энергии:

$$-G \frac{M \frac{4}{3}\pi r^3 \rho}{R_3} + \frac{Q^2 r}{4\pi\epsilon_0 R_3^2} = 0, \text{ отсюда}$$

$$r = \frac{Q}{4\pi} \sqrt{\frac{3}{\epsilon_0 G \rho M R_3}} \approx 1,8 \cdot 10^{-2} \text{ м}, \text{ а масса } m \approx 0,017 \text{ кг}.$$

Итак, только «миниатюрная ракета» незначительной массы способна стартовать от Земли.

Вычислим максимальный заряд  $Q_1$  Земли, позволяющий сферической «космической ракете» реальных размеров радиусом  $r_1 = 1 \text{ м}$  (при той же средней плотности) стартовать без начальной скорости, получив от Земли максимальный электрический заряд  $Q_{\max 1}$ .

$$Q_{\max 1} = 4\pi r_1 \sqrt{\frac{G \epsilon_0 \rho M R_3}{3}} \approx 3,45 \cdot 10^7 \text{ Кл}$$

Напряженность электрического поля Земли у ее поверхности должна составлять  $E_1 \approx 7,58 \text{ кВ/м}$ , а потенциал  $\varphi_1 \approx 4,85 \cdot 10^{10} \text{ В}$ . Для реализации данного проекта необходимы источники сильных электрических полей.

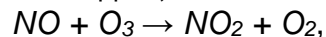
Обратимся к результатам исследования, полученным с помощью самолета-лаборатории АН-30 «Оптик – Э» и отражающим качество воздуха в районах нефтегазовой промышленности [8]. Сформулируем задачу, требующую поиска и обоснования причинно-следственных связей некоторой совокупности физико-химических явлений.

Под действием солнечного излучения оксиды азота из выхлопных газов автомобилей разлагаются с выделением  $O_3$ , по этой причине в воздушных бассейнах городов содержание озона может возрастать в десятки тысяч раз, достигая несколько  $\text{мг/м}^3$ . Предельно допустимая концентрация (ПДК) озона (содержание, которое еще не представляет угрозы человеческому здоровью) составляет  $0,1 \text{ мг/м}^3$ ; по классу токсичности озон относится к чрезвычайно опасным соединениям (класс 1). (Для сравнения укажем, что ПДК боевого отравляющего вещества фосгена выше –  $0,5 \text{ мг/м}^3$ ). Можно ли теоретически оценить вертикальное распределение концентрации озона в атмосфере? Какие приборы фиксируют содержание озона в атмосфере? Почему в теплый

период года над Нижневартовском на высоте 400 м возникает «местная озоновая дыра»?

Изучив распределения газовых компонентов в атмосфере над Нижневартовском, мы выяснили, что на высоте 400 м, там, где наблюдаются наиболее высокие концентрации большинства газов, в летний период года образуется «местная озоновая дыра».

Результаты научных исследований свидетельствуют о том, что возникновение территориальных озоновых дыр есть результат постоянно действующего фактора. Для нахождения решения данной задачи необходимы качественные знания химии: основываясь на анализе экспериментальных данных по распределению газовых компонентов воздуха в атмосфере, мы видим, что озон переходит в диоксид азота:



Нахождение ответа на поставленный в задаче вопрос помогает актуализировать связи физики и химии.

Обратимся еще к одной экологической проблеме. Постоянным загрязнителем воздуха в городах, населенных пунктах, особенно в летнее время, является пыль, в составе которой преобладают микронные и субмикронные частицы (размеры менее 2 мкм). Данные частицы прочнее всего удерживаются в легочной ткани и наносят наибольший ущерб здоровью населения, повышая восприимчивость к респираторным заболеваниям и провоцируя развитие аллергий, астмы, снижая сопротивляемость к прочим заболеваниям. Следует учесть, что дорожная пыль обогащена свинцом и канцерогенами [9]. Источник пыли – насыпные грунты, в основном песок с высоким содержанием мелкодисперсных глинистых частиц, не закрепленные травяным покровом и не огражденные бордюрным камнем. Повышению запыленности воздуха способствует то, что далеко не всегда производится своевременное удаление песка с дорожного покрытия. Предположим, что в атмосфере при нормальных условиях находятся мелкодисперсные частицы пыли, имеющие массу  $m$  и объем  $V$ . Найдем закономерность распределения концентрации пыли с высотой [10].

Рассмотрим данную ситуацию. Физическая система состоит из частиц пыли и воздуха, находящихся в поле тяготения Земли. Следовательно, и молекулы воздуха, и частицы пыли подчиняются распределению Больцмана. Однако применение его к частицам пыли может дать ошибочные результаты.

Это объясняется тем, что, так как частицы пыли находятся в воздухе, наравне с силой тяжести  $mg$  на частицы пыли действует выталкивающая сила Архимеда  $F_A$ . С помощью простых расчетов убедимся, что по порядку величины сила Архимеда  $F_A$  сравнима с силой тяжести  $mg$ . Из этого следует, что различия между силой Архимеда и силой тяжести невелики. Для решения задачи сначала вычислим эффективную массу частиц пыли:  $m_{эф}g = mg - F_A$  или  $m_{эф}g = mg - \rho_v Vg$ , где  $\rho_v$  – плотность воздуха, согласно уравнению Менделеева – Клапейрона определяемая как

$$\rho_v = \frac{pM}{RT}.$$

Таким образом,

$$m_{эф} = m - \frac{pMV}{RT}$$

Исходя из соотношения Больцмана, определим распределение частиц пыли с высотой:

$$\beta = \frac{n}{n_0} = e^{-\frac{m_{эф}gh}{kT}} = e^{-\frac{(m - \frac{pMV}{RT})gh}{kT}}$$

Данную закономерность можно визуально отследить на экране компьютера, составив соответствующую программу.

Используемый нами подход, опирающийся на моделирование региональных экологических ситуаций в демонстрационных экспериментах и задачах-оценках по физике, усиливает реализацию межпредметных связей [11], способствует целостному усвоению физики [12] учащимися старших классов и формирует экологический стиль мышления [13].

В ходе данного исследования мы изучили состояние региональных экологических проблем, их дидактическое значение, разработали некоторые межпредметные модели в образных, знаковых, графических и других формах.

### Ссылки на источники

1. Штоф В. А. Моделирование и философия. – М.: Наука, 1966. – 312 с.
2. Батареев К. Б. Философские вопросы моделирования и аналогии. – М.: Знание, 1978. – 207 с.
3. Состояние окружающей среды и природных ресурсов в Нижневартковском районе (аналитический обзор): ежегодник. Вып. 3. – Нижневартковск, 1999. – 99 с.
4. Худoley В. В., Мизгирев И. В. Экологически опасные факторы. – СПб., 1996. – 189 с.
5. Борискин А. Ф., Иванова Н. А. Экология в школьном курсе физики: учеб. пособие. – Нижневартковск: Изд-во Нижневарт. пед. ин-та, 1999. – 182 с.
6. Беликов Б. С. Указ. соч.
7. Беликов Б. С. Решение задач по физике. – М.: Высш. шк., 1988. – 256 с.
8. Антонович В. В., Белан Б. Д., Вавер В. И. и др. Оценка качества воздуха нефтедобывающих районов // Исследование эколого-географических проблем природопользования для обеспечения территориальной организации и устойчивого развития нефтегазовых регионов России: теория, методы, практика. – Нижневартковск, 2000. – С. 216–219.
9. Борискин А. Ф., Иванова Н. А. Указ. соч.
10. Беликов Б. С. Указ. соч.
11. Яворук О. А. Перспективы дидактики межпредметных связей // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 2. – URL: [www.science-education.ru/102-6031](http://www.science-education.ru/102-6031).
12. Искандеров Н. Ф., Яворук О. А. Виды внутрипредметных связей в школьном курсе физики // Мир науки, культуры, образования. – 2012. – № 6 (37). – С. 161–163.
13. Яворук О. А., Пономарева И. С. Особенности формирования экологического стиля мышления при обучении физике студентов колледжа // Педагогическое образование и наука. – 2012. – № 5. – С. 108–111.

**Vladimir Andrushenko,**

*Candidate of Pedagogic Science, Physics teacher, Secondary School № 4, Raduzhny*

[yuamort@yandex.ru](mailto:yuamort@yandex.ru)

### **Modeling of regional ecological situations in demonstration experiments and estimating problems in physics classroom**

**Abstract.** Modeling of natural processes in environmental studies of ecosystem function can be implemented through a set of physical demonstrations and evaluating problems related to hydrocarbon pollution of the hydro- and atmosphere, acid precipitation, local ozone holes, air pollution, micro dispersed particles and so on. Creation and analysis of training models created and developed by the author in physics allows for students to identify the nature of regional environmental problems, assess their risk, calculate the effects quantitatively, and suggest solutions.

**Key words:** ecological education, physics teaching, interdisciplinary interdependencies, modeling of natural processes, regional environmental problems.

### **References**

1. Shtof, V. A. (1966) *Modelirovanie i filosofija*, Nauka, Moscow, 312 p. (in Russian).
2. Batareev, K. B. (1978) *Filosofskie voprosy modelirovaniya i analogii*, Znanie, Moscow, 207 p. (in Russian).
3. (1999) *Sostojanie okruzhajushhej sredy i prirodnyh resursov v Nizhnevartovskom rajone (analiticheskij obzor): ezhegodnik*. Vyp. 3, Nizhnevartovsk, 99 p. (in Russian).
4. Hudolej, V. V. & Mizgirev, I. V. (1996) *Jekologicheski opasnye faktory*, St. Petersburg, 189 p. (in Russian).
5. Boriskina, A. F. & Ivanova, N. A. (1999) *Jekologija v shkol'nom kurse fiziki: ucheb. posobie*, Izd-vo Nizhnevart. ped. in-ta, Nizhnevartovsk, 182 p. (in Russian).
6. Hudolej, V. V. & Mizgirev, I. V. (1996) Op. cit.

7. Belikov, B. S. (1988) *Reshenie zadach po fizike*, Vyssh. shk., Moscow, 256 p. (in Russian).
8. Antonovich, V. V., Belan, B. D. & Vaver, V. I. et al. (2000) "Ocenka kachestva vozduha neftedobyvajushhih rajonov", *Issledovanie jekologo-geograficheskikh problem prirodopol'zovanija dlja obespechenija territorial'noj organizacii i ustojchivogo razvitija neftegazovyh regionov Rossii: teorija, metody, praktika*, Nizhnevartovsk, pp. 216–219 (in Russian).
9. Boriskin, A. F. & Ivanova, N. A. (1999) Op. cit.
10. Javoruk, O. A. (2012) "Perspektivy didaktiki mezhpredmetnyh svyazej", *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*, № 2. Available at: [www.science-education.ru/102-6031](http://www.science-education.ru/102-6031) (in Russian).
11. Belikov, B. S. (1988) Op. cit.
12. Iskanderov, N. F. & Javoruk, O. A. () Vidy vnutripredmetnyh svyazej v shkol'nom kurse fiziki, *Mir nauki, kul'tury, obrazovanija*, 2012, № 6 (37), pp. 161–163 (in Russian).
13. Javoruk, O. A., Ponomareva, I. S. (2012) "Osobennosti formirovanija jekologicheskogo stilja myshlenija pri obuchenii fizike studentov kolledzha", *Pedagogicheskoe obrazovanie i nauka*, № 5, pp. 108–111 (in Russian).

**Рекомендовано к публикации:**

Горевым П. М., кандидатом педагогических наук,  
 главным редактором журнала «Концепт»

Поступила в редакцию <i>Received</i>	31.03.15	Получена положительная рецензия <i>Received a positive review</i>	02.04.15
Принята к публикации <i>Accepted for publication</i>	02.04.15	Опубликована <i>Published</i>	21.06.15



[www.e-koncept.ru](http://www.e-koncept.ru)

© Концепт, научно-методический электронный журнал, 2015

© Андрющенко В. А., 2015