

Список использованных источников

1 Водные ресурсы [Электронный ресурс] // Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/okruzhayuschaya-sreda/sovместnaya-sistema-ekologicheskoi-informatsii2/c-vodnye-resursy/>.

2 Шепелева Н. И., Марцуль В. Н., Войтов И. В. Использование биотестирования осадков сточных вод для сравнения вариантов их обработки // Природопользование. Сборник научных трудов. Вып. 30. Институт природопользования НАН Беларуси, 2016.

3 Минский областной центр гигиены, эпидемиологии и общественного здоровья (Электронный ресурс). Режим доступа: <http://gigiena.minsk-region.by/ru/obraz/statyi?id=1258>.

4 Leitfaden Biogas – Von der Gewinnung zur Nutzung // Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Gylzow, 2013.

5 ТКП 17.02-05-2011 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Порядок расчета экономической эффективности биогазовых комплексов // Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь, Минск, 2011 г.

УДК 66.011

Е.В. Груздева, доц., канд. хим. наук;
И.Р. Дречевич; Н.П. Макаrenchенко, доц., канд. техн. наук
ГВУЗ УГХТУ, г. Днепр, Украина

ИНТЕГРАЦИЯ СОВРЕМЕННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПО МОДЕЛИРОВАНИЮ И ОПТИМИЗАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС

Наличие чистой пресной воды – необходимое условие существования всех живых организмов на планете. На долю пресной воды, пригодной к употреблению, приходится всего 3 % от общего ее количества. При этом воду используют не только в хозяйственно-бытовых нуждах, но и практически во всех производственных циклах (особо чистая, технически свежая, технологическая, оборотная, последовательно используемая, сточная вода и т. д.), а значит, она влияет на все факторы, определяющие качество жизни человека. Несмотря на это, человек в процессе своей деятельности нещадно загрязняет воду

Резкое ухудшение качества пресной воды происходит в результате загрязнения ее химическими и радиоактивными веществами, ядохимикатами, синтетическими удобрениями, поступающими в биосферу с твердыми бытовыми и промышленными отходами, газовыми выбросами и канализационными стоками и нерационального ее использования [1]. Накопление химических веществ, трудно разлагающихся в воде и почве, снижает способность водоемов к самоочищению, нарушая естественный процесс биологической очистки, стало глобальной экологической проблемой современности.

Одним из направлений улучшения качества воды является моделирование и оптимизация систем водоснабжения и создание определенных режимов водных источников, обеспечивающих бесперебойное использование водных ресурсов всеми потребителями. Распределение ограниченных водных ресурсов между сельскохозяйственной, промышленной, коммунальной сферами и окружающей средой, требует точного учета всех возможных источников воды и ее качества, потребностей в воде, планирования режимов потребления, комплекса специальных гидротехнических сооружений, а также комплекса мероприятий по охране водных ресурсов от загрязнения и истощения.

При решении сложных задач управления водными ресурсами, водоподготовки и очистки сточных вод в настоящее время используют различные программы моделирования, например, WEAP, STOAT, WEST, SimEau, WaterNet и т.д. Так, программы STOAT и SimEau – это симуляторы для процессов очистки сточных вод и водоподготовки, соответственно, позволяющие разрабатывать технологические схемы с использованием технологии drag-and-

drop. Для планирования и оценки водных ресурсов используют компьютерную систему, ориентированную на широкий круг пользователей, и использующую интегрированный подход к планированию водных ресурсов – WEAP ("WaterEvaluationAndPlanning" system).

Основная цель WEAP – разработка практичной, простой модели для интегрированного планирования водных ресурсов и анализа результатов планирования, контроля качества воды и охраны экосистем. Она учитывает эффективность работы оборудования и приспособлений, стратегий повторного использования воды, цены, схемы распределительной системы в равнозначном учете источников воды. Объектами исследований служат различные источники питания водой (реки, ручьи, грунтовые воды, резервуары, опреснительные установки), отвода воды, изменения в потреблении воды и загрязнение окружающей среды.

Программа проста в использовании и имеет удобный интерфейс (рисунок 1).

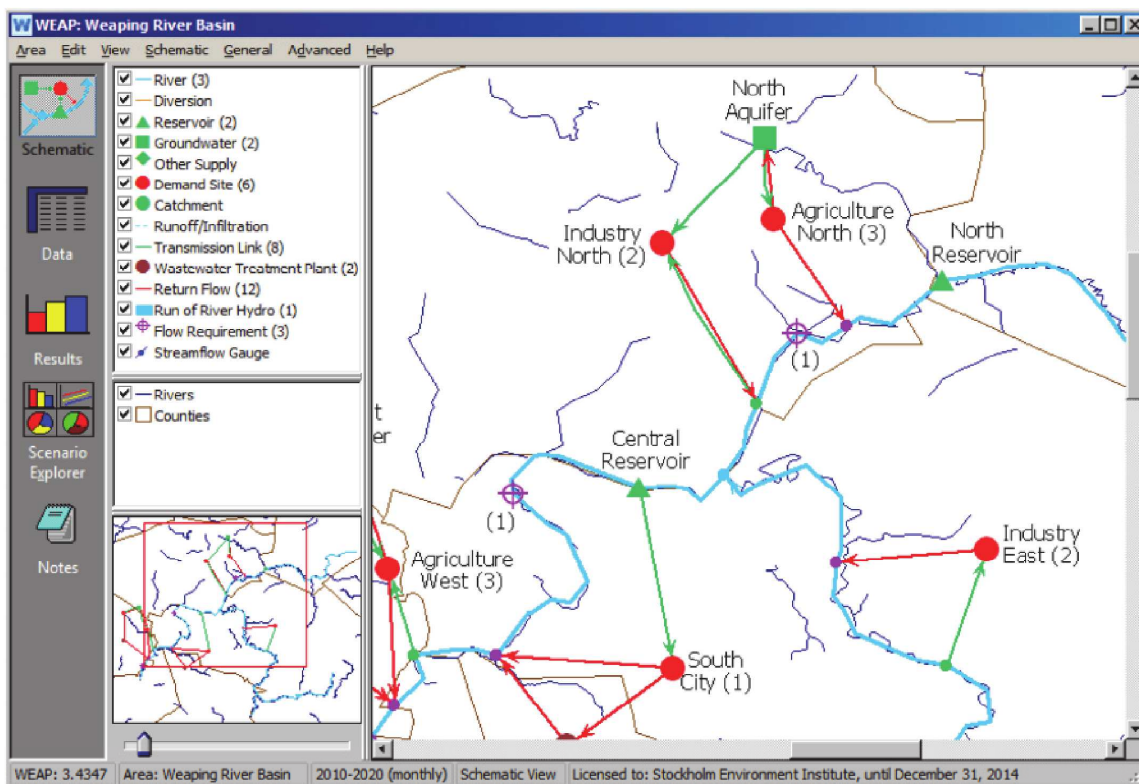


Рисунок 1 – Интерфейс компьютерной программы WEAP

WEAP может использоваться:

1) как база данных, учитывая нормативы, принятые в стране. При этом система обеспечивает водобалансовые расчеты (как в настоящем времени, так и в будущем), поддерживая баланс массы воды при расчете перемещения ее от источников к потребителям по речной сети;

2) как инструмент прогнозирования водопотребления, возможных загрязнений, очистки и сброса воды, позволяет рассчитать поведение водного объекта в случае изменения потребления воды, ссылаясь на данные при использовании воды из этого водного объекта промышленностью, сельским хозяйством и коммунально-бытовыми объектами [2].

WEAP охватывает широкий круг вопросов, например: анализ секторального спроса в воде, сохранение водных ресурсов, права на водные ресурсы, распределение водных ресурсов, подземных вод и водных потоков, работы водохранилищ, гидроэнергетику, отслеживание загрязнений окружающей среды, требования экосистем, а также анализ выгоды проектных затрат и т.д.

Широкие возможности WEAP позволяют производить такие вычисления: потребность воды, поступление воды в речную сеть, движение воды, фильтрация воды, мелиоративные нормы для конкретных культур, расход воды и ее накопление, образование загрязнений, очистка оборотной воды, изменение качества воды при различных гидрологических сценариях.

Для анализа поведения водных объектов система WEAP позволяет устанавливать несколько альтернативных вариантов будущей политики управления, цен и климата – сценарии, которые охватывают широкий круг вопросов, например [2, 3]:

Влияние роста населения на нагрузку на водные объекты.

Влияние изменения режимов работы водохранилищ.

Влияние внедрения водосберегающих технологий.

Влияние изменения режима поступления поверхностных вод в подземные водные горизонты.

Влияние ужесточения нормативных показателей качества воды.

Влияние применения технологий многократного использования воды.

Влияние изменений, вызванных использованием передовых технологий в ирригации.

Влияние изменений, происходящих при смене сельскохозяйственных культур.

Влияние изменения климатических условий на поступление и потребление воды.

Влияние изменений землепользования на речной сток и т.д.

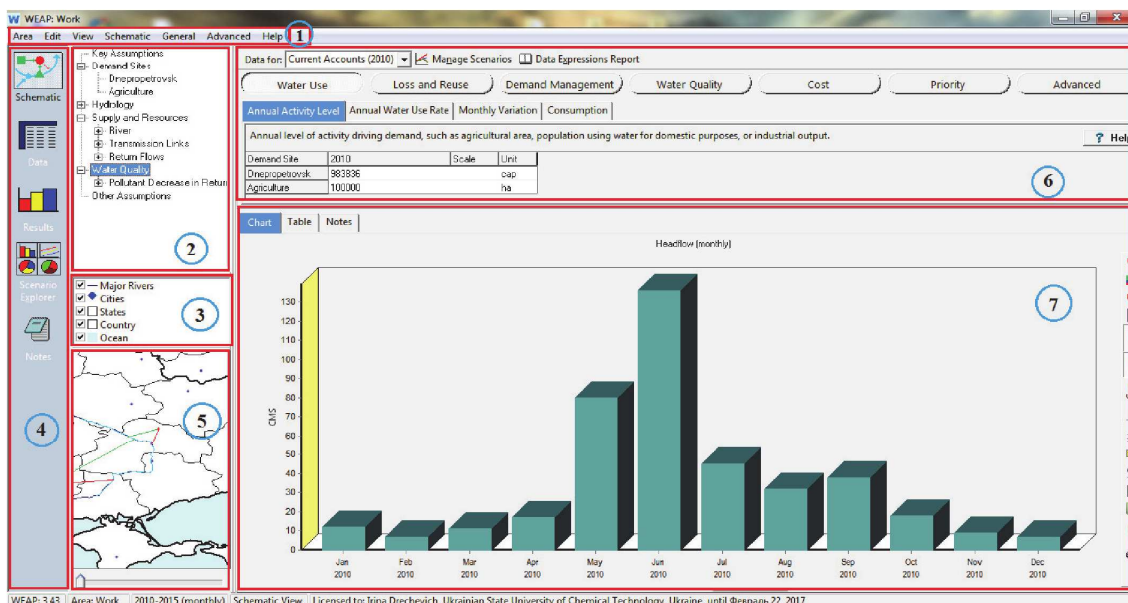
Эти сценарии можно рассматривать одновременно и для анализа и для сравнения, при моделировании ситуаций, изучая водные объекты. Сценарии WEAP принимают во внимание требования для водных экосистем разных регионов. Реализация сценариев позволяет получить краткую информацию о загрязнении воды, об изменении физических, химических, биологических и бактериологических показателей влияющих на систему в целом.

WEAP позволяет: устанавливать необходимые временные рамки, пространственные границы, компоненты или объекты водной системы для проведения определенного исследования; устанавливать шаг калибровки в разработке приложений сценария, что дает представление о фактической потребности в воде, изменении нагрузки, ресурсов и расходных материалов на водную систему; находить альтернативные решения при использовании воды водоемов, а также прогнозировать влияние принятых решений на водные ресурсы.

WEAP, подобно геоинформационной системе, позволяет легко создавать, изменять модели и входные данные, получать информацию (результаты) в виде карт, графиков и таблиц (рисунок 2). А возможность интеграции WEAP с такими моделями и программными продуктами как MODFLOW, MODPATH, PEST (наиболее разработанные и широко используемые во всем мире программы для решения задач связанных с моделированием движения подземных вод), QUAL2K (стационарная одномерная модель реки, ручьев, озер и качества воды с учетом гидравлических особенностей водоемов), Excel (редактор таблиц MS Office) и GAMS (программа предназначена для решения различных задач методами математической оптимизации) делает программу доступной и востребованной для большого количества квалифицированных специалистов различных организаций. А возможность бесплатного использования системы позволяет использовать ее для обучения студентов в высших учебных заведениях.

Так, например, навыки пользования системой WEAP получают магистры Украинского государственного химико-технологического университета при изучении дисциплины «Управление водными ресурсами», которая была внесена в программу обучения специальности «Экология» в рамках реализации международных образовательных проектов «Водная Гармония – Интеграция Образования, Исследований, Инновации и Предпринимательства» и «Гармонизация дипломного образования, связанного с водными ресурсами (Водная Гармония)».

Использование WEAP при обучении, позволяет магистрам использовать разные сценарии (общее увеличение спроса на воду; изменения потребления воды в различных городских, сельскохозяйственных и промышленных условиях; изменение темпов роста населения в г. Днепр; изменения климата в регионе и др.), учиться моделировать и управлять водными ресурсами реки Днепр. Использование сценария WEAP «Метод речной воды» (WaterYearMethod) позволяет магистрам оценивать возможность повторного использования городских сточных вод для сельского хозяйства, что особенно актуально для Украины. Такой сценарий позволяет оценить возможность целесообразности установки дополнительных очистных сооружений, для очистки сточных вод учитывая качество воды, а также изменить приоритеты вторичного использования очищенной воды (рисунок 3).



1 – главное меню; 2 – дерево-меню; 3 – меню «Избранное»; 4 – боковая панель; 5 – схематический обзор; 6 – площадь введения данных в программу; 7 – площадь выведения результатов на экран

Рисунок 2 – Общий вид ПО WEAP

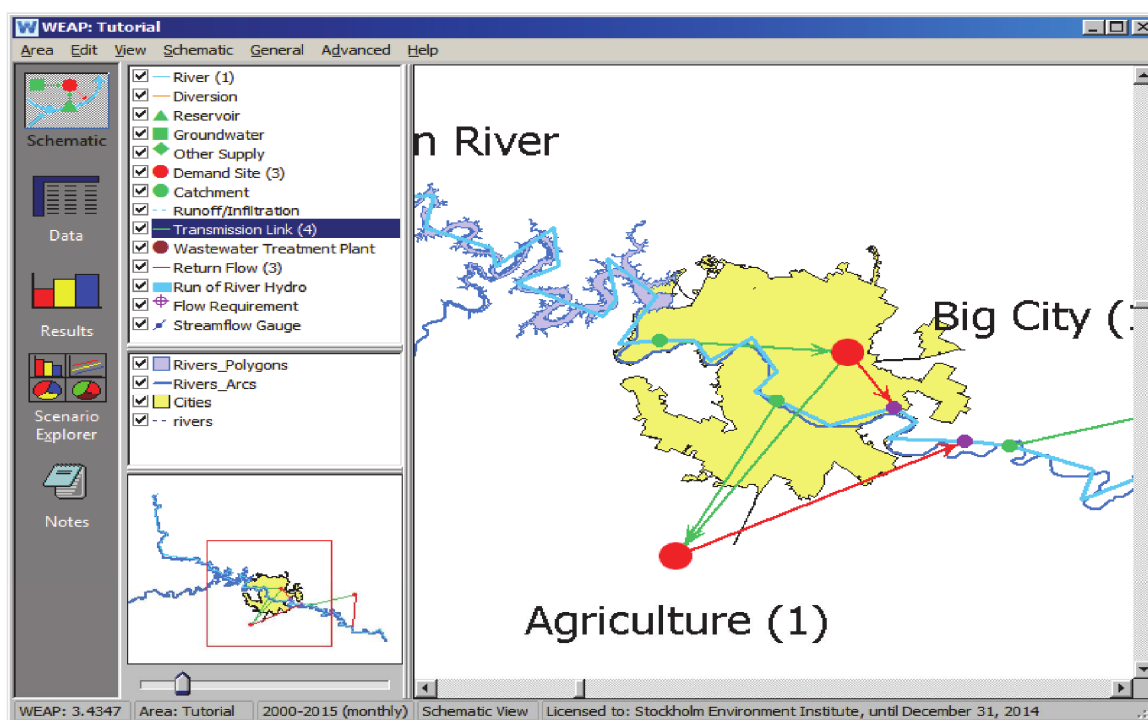


Рисунок 3 – Создание сценария потребления воды с вторичным использованием городских сточных вод в сельском хозяйстве

Таким образом, внедрение в учебный процесс компьютерной программы WEAP, при подготовке магистров, позволяет подготовить высококвалифицированных специалистов способных анализировать, моделировать и эффективно организовываться комплекс необходимых мероприятий в водоснабжении.

Список использованных источников

1 Яковлев, С.В. Рациональное использование водных ресурсов / С.В. Яковлев, И.В. Прозоров, Е.Н. Иванов, И.Г. Губий. – Учебное издание для вузов. – Москва: Высшая школа, 1991. – 400 с.

УДК 621.182.12

Н.Д. Кошель¹, проф., д-р техн. наук; Е.В. Смирнова¹, доц., канд. техн. наук;

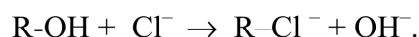
В.В. Буртова¹; Т.В. Пришедько²

¹УГХТУ, г. Днепр, Украина,

²Институт транспортных систем и технологий НАН Украины, г. Днепр, Украина

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ НА КИНЕТИКУ ИОННОГО ОБМЕНА

Введение. Одна из наиболее распространенных и известных технологий очистки воды в промышленных масштабах – ионный обмен. Между твердофазным ионообменным материалом и водой с примесями солей происходит обмен ионами. Например, при пропускании через анионит воды, содержащей NaCl, из раствора поглощаются анионы Cl⁻, а в раствор переходят гидроксильные ионы:



После насыщения анионита ионами Cl⁻ его подвергают регенерации концентрированным раствором NaOH и материал восстанавливается в рабочей OH-форме. Аналогичные процессы обмена протекают и в катионообменных материалах.

Процессы ионного обмена имеют чисто диффузионную природу. Некоторые сложности в теоретической трактовке кинетики обменных процессов связаны с тем, что в этих системах имеет место сопряженная диффузия нескольких разнозарядных ионов, перемещающихся в противоположных направлениях, в условиях взаимодействия их собственных электрических полей. Вопросы кинетики ионного обмена представляют практический интерес, поскольку они определяют параметры технологического процесса и габаритные размеры оборудования. Более важен в этом смысле процесс на стадии регенерации ионита, который обычно длится часами. Ранее в [1] было показано, что из решения системы уравнений нестационарной диффузии всех подвижных частиц в твердофазной сферической частице размером d можно получить в первом приближении выражение для динамики изменения средней концентрации удаляемого компонента:

$$\frac{c^*(\tau)}{c_0} = \frac{8}{\pi^2} \exp\left(-\frac{\tau}{\tau^*}\right), \quad \tau^* = \frac{d^2}{\pi^2 D}, \quad (1)$$

где c_0 – начальная концентрация ионов данного вида в частице, c – концентрация в произвольный момент времени, D – коэффициент диффузии в твердой фазе; x – координата, отсчитываемая от границы раздела фаз; τ – время; τ^* – характерный параметр процесса, который называют «время релаксации».

Из уравнений (1) для $d = 0.03$ см и при $D \approx 10^{-7}$ см²/с можно оценить значение $\tau^* \approx 900$ с (15 минут), а время регенерации при указанных условиях и степени регенерации 95 % составляет около 40 минут. При более точных оценках с учетом торможения за счет электростатического взаимодействия полей ионов это время будет в несколько раз больше. Эти ориентировочные оценки достаточно близки к параметрам промышленных технологических водоподготовки.

Можно было предположить, что процесс регенерации ионита можно ускорить путем наложения на ионообменную колонку электрического поля, т. е. при пропускании некото-