

**Таблица 2.** Изменение стока р. Ясельда – г. Береза в % от естественного для различных сценариев изменения климата

Сценарий изменения климата	Месяцы												Год
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	
вариант 1	-5,7	-0,2	-1,1	-12,4	-18,9	-29,8	-19,5	-26,2	-19,7	-6,8	-1,7	-9,6	-10,2
вариант 2	8,2	1,8	0,4	13,3	25,0	48,0	27,4	39,6	29,3	7,3	1,1	11,3	12,9
вариант 3	17,5	9,0	16,9	23,0	23,6	44,6	35,6	49,0	42,2	19,0	17,0	28,7	23,1
вариант 4	-17,2	-9,5	-16,1	-21,4	-20,9	-34,3	-29,3	-36,2	-33,2	-17,5	-16,4	-25,8	-21,1
вариант 5	10,4	8,2	16,1	9,3	0,7	2,9	10,0	11,1	15,4	11,5	15,6	18,3	10,9
вариант 6	27,1	12,0	16,1	37,1	52,7	109,4	71,5	105,7	81,6	27,0	17,6	41,7	38,8
вариант 7	-22,0	-9,0	-18,4	-32,6	-36,7	-54,5	-43,3	-53,4	-46,9	-23,7	-18,1	-34,1	-29,9
вариант 8	-11,0	-8,9	-15,4	-9,5	0,0	-1,1	-9,0	-10,1	-12,8	-11,2	-14,8	-16,9	-10,2

**Таблица 3.** Изменение стока р. Ясельда – г. Береза в % от естественного для вариантов 3 и 6 изменения климата при сработке торфяно-болотных почв, подстилаемых песком на 30 % площади водосбора

Сценарий изменения климата	Месяцы												Год
	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь	
вариант 3	29,3	20,7	42,1	33,4	-1,0	16,6	23,3	53,4	44,7	28,5	35,0	36,5	29,8
вариант 6	37,2	23,0	41,4	48,7	25,2	72,4	60,2	110,0	82,6	37,3	36,5	48,3	46,0

варианта 3 изменения климата незначительное уменьшение стока воды за май вызвано существенным уменьшением стока при сработке торфяно-болотных почв.

#### Заключение

Для оценки трансформации водного режима малых рек Белорусского Полесья под воздействием природных и антропогенных факторов использован метод ГКР, реализованный в виде компьютерной программы «Баланс».

При оценке изменений водного режима, вызванных деградацией и сработкой торфяно-болотных почв с различных подстилающих поверхностей в зависимости от занимаемой ими площади, установлено, что наибольшей трансформации стока подвергнутся бассейны, на которых произойдет сработка торфа, подстилаемого песком, на 30 % всей площади водосбора. Причем, среднее годовое значение стока воды изменится незначительно, но произойдет существенное внутригодовое перераспределение стока.

Результаты численного эксперимента по моделированию стока воды рек в условиях изменяющегося климата показали, что годовые значения речного стока изменятся на 10-20 %, а для наиболее экстремальных вариантов – на 30-40 %. При совместном воздействии природных и антропогенных факторов трансформация стока еще больше усилится, а в отдельные месяцы года сток может измениться более чем в 2 раза.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о трансформации водного режима малых рек Белорусского

Полесья, что требует разработки компенсационных мероприятий для поддержания речных экосистем в равновесном состоянии.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мезенцев В.С., Карнацевич И.В. Увлажненность Западно-Сибирской равнины. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 168 с.
2. Мезенцев В.С., Белоненко Г.В., Карнацевич И.В., Лоскутов В.В. Гидрологические расчеты в мелиоративных целях. Ч. I. – Омск, 1980 – 80 с.
3. Волчек А. А. Методика определения максимально возможного испарения по массовым метеоданным (на примере Белоруссии)// Научно-техническая информация по мелиорации и водному хозяйству (Минводхоз БССР), 1986. – № 12. – С. 17–21.
4. Ресурсы поверхностных вод СССР. Белоруссия и Верхнее Поднепровье. – Т.5. – Ч.2 «Основные гидрологические характеристики». – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 720 с.
5. Климат Беларуси / Под ред. В.Ф. Логинова. – Мн.: Институт геологических наук АН Беларуси, 1996. – 234 с.
6. Изменение климата Беларуси и их последствия / В.Ф. Логинов, Г.И. Сачок, В.С. Микуцкий, В.И. Мельник, В.В. Коляда; Под общ. ред. В.Ф. Логинова; Ин-т пробл. использования природ. ресурсов и экологии НАН Беларуси. – Мн.: ОДО «Тонпик», 2003. – 330 с.

Статья поступила в редакцию 20.03.2007

УДК 620.9

Северянин В.С., Тимошук А.Л.

## ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

#### Введение

Энергетика является основой мирового экономического

прогресса и непосредственно влияет на благополучие человечества. Надежное обеспечение современного общества раз-

*Северянин Виталий Степанович, профессор, д.т.н., профессор каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета.*

*Тимошук Александр Леонидович, к.т.н., старший преподаватель каф. водоснабжения, водоотведения и теплоснабжения Брестского государственного технического университета. Беларусь, БрГТУ, г. Брест, ул. Московская, 267.*

личными видами энергии по приемлемым ценам с минимальным ущербом для окружающей среды – один из важнейших факторов глобальной безопасности.

Потребности человечества в энергии в течение более 200 лет удовлетворяются преимущественно за счет использования ископаемого углеводородного топлива: угля, нефти и природного газа, которые являются наиболее удобными и экономически эффективными видами топлива. Однако угроза глобального изменения климата ставит под вопрос дальнейшее увеличение объемов использования этих видов топлива [1]. Альтернативой использованию ископаемого топлива называют ядерную (а в перспективе – термоядерную) энергетику. Использование при том превращения «масса – энергия» в соответствии с известной формулой ( $E=mc^2$ ) сопровождается выделением огромного количества теплоты, значительно превышающего сегодняшние объемы производства энергии в мире, которое может привести к так называемому «тепловому загрязнению» атмосферы Земли, последствия которого в настоящее время не определены.

Вместе с тем основным источником природных процессов на поверхности планеты является энергия, образующаяся в результате процессов термоядерного синтеза, протекающих на Солнце. В масштабах человеческой цивилизации излучение солнца представляет собой неисчерпаемый, экологически безопасный, достаточно равномерно распределенный и доступный для всех источник энергии.

### Солнечные ресурсы Беларуси

Потенциал солнечной энергетики определяется солнечной постоянной – плотностью потока солнечного излучения на расстоянии, равном среднему диаметру эллиптической орбиты Земли через площадку, перпендикулярную направлению солнечных лучей. Эта величина составляет приблизительно 1350...1370 Вт/м<sup>2</sup>. Из общей величины солнечной радиации, поступающей на внешнюю границу атмосферы, только около 50 % достигает земной поверхности [2]. Остальная энергия отражается в мировое пространство облаками и атмосферой, а также поглощается озоновым слоем (почти вся ультрафиолетовая радиация) и всей атмосферой.

Потребление топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в соответствии с данными Департамента по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь [4] в 2005 году составило порядка 35 млн. т.у.т., что соответствует  $1,03 \cdot 10^{12}$  МДж/год. С учетом географической широты, облачности, атмосферных явлений, времени года и суток, согласно [3], годовое количество суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность при средних условиях облачности составляет 3500...3800 МДж/м<sup>2</sup> в зависимости от географической широты. Соответствующая этой энергии среднегодовая плотность солнечного излучения на горизонтальную поверхность для Республики Беларусь – 110...120 Вт/м<sup>2</sup>. В течение года территория Беларуси получает в среднем  $7,5 \cdot 10^{14}$  МДж солнечной энергии, что в 750 раз превышает общее потребление ТЭР в республике. Таким образом, солнечная энергия может составить достаточно весомую долю в топливно-энергетическом балансе Беларуси.

### Особенности использования солнечной энергии

В настоящее время имеются два основных направления использования энергии солнца: преобразование ее в электрическую энергию и получение теплоты для различных нужд. Получение электрической энергии может осуществляться либо непосредственно при помощи фотоэлектрических преобразователей, либо посредством тепловых двигателей. Оба способа требуют применения дорогостоящих материалов и концентраторов солнечного излучения сложной конструкции. Полученная таким образом электрическая энергия дорога и не может в

настоящее время на равных конкурировать с электроэнергией, произведенной на тепловых и атомных электростанциях.

Второе, наиболее перспективное в ближайшей время направление использования солнечной энергии - нагрев воды для систем отопления и горячего водоснабжения. Значительный потенциал энергосбережения в данной области связан с тем, что на нужды теплоснабжения сегодня приходится около половины от всего объема потребления ТЭР в Беларуси. Одна из важнейших проблем использования солнечного излучения в качестве источника энергии связана с его сезонной неравномерностью. По данным многолетних наблюдений метеорологических станций Государственного комитета по гидрометеорологии Республики Беларусь (рис. 1) максимум солнечного излучения приходится на период года с апреля по август (порядка 80 % от общего количества). Максимум потребления энергии (в первую очередь тепловой), напротив, приходится на зимние месяцы.

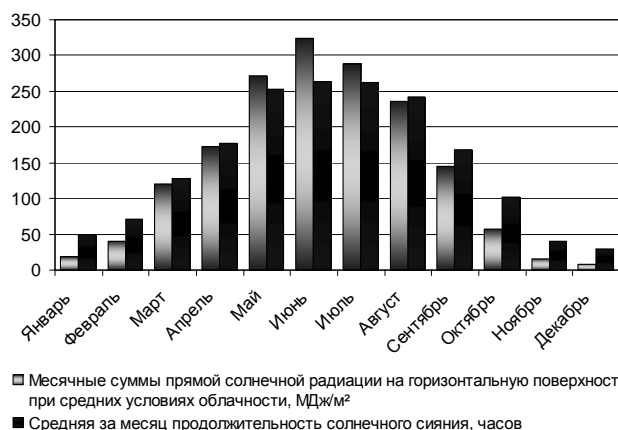


Рис. 1. Годовое распределение солнечной энергии для Беларуси

Данная проблема может быть решена путем использования сезонного аккумулирования солнечной теплоты. Применяемые аккумуляторы теплоты должны обладать большой емкостью и сохранять тепло продолжительное время (в течение нескольких месяцев). Такие системы успешно разрабатываются и эксплуатируются в США, Германии, Нидерландах, Швеции, Франции и других странах. Интерес к ним в последнее время проявляется и в странах СНГ.

### Технические решения

Основными элементами установки для использования солнечного излучения являются гелиоколлектор и аккумулятор теплоты. Гелиоколлекторы должны иметь достаточно большую поверхность и устанавливаться под углом 35...45° к поверхности [5] для максимально эффективного поглощения солнечного излучения. Наибольшее распространение получают коллекторы, состоящие из отдельных изготовленных серийно модулей, которые устанавливают на крышах зданий.

Важной особенностью аккумуляторов теплоты для сезонного аккумулирования является их большой объем, определяемый из следующего соотношения:

$$V = \frac{Q_2}{c \cdot \rho \cdot (t_1 - t_2) \cdot \eta},$$

где  $c$  - средняя теплоемкость воды в диапазоне температур  $(t_1 - t_2)$ , кДж/(кг·°C);

$\rho$  - средняя плотность воды в диапазоне температур  $(t_1 - t_2)$ ;

$t_1$  - температура теплоносителя на выходе из аккумулятора в режиме «разрядки», °C;

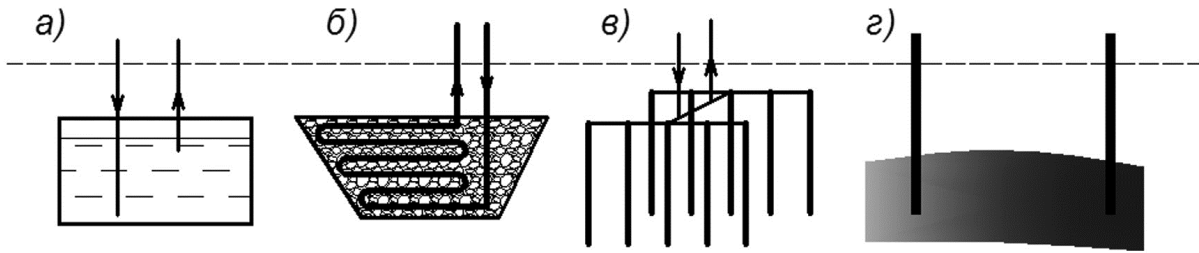


Рис. 2. Способы аккумуляции теплоты

$t_2$  - температура теплоносителя, поступающего в аккумулятор в режиме «разрядки», °С;

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_0}{Q_1} = 1 - \frac{Q_0}{Q_1} = \frac{Q_2}{Q_1}$$

- степень извлечения теплоты;  $Q_1$  - общая тепловая емкость аккумулятора,  $Q_2$  - полезно использованная теплота;  $Q_0$  - потери теплоты в процессе хранения, Дж.

Величина тепловых потерь определяется величиной поверхности, а тепловая емкость - объемом аккумулятора. Таким образом, для повышения  $\eta$  необходимо придерживаться оптимального соотношения между поверхностью и объемом.

При использовании воды объем аккумулятора для системы теплоснабжения мощностью 100 кВт (среднее административно-бытовое здание) составит (при разности температур 30°,  $\eta=0,8$  и продолжительности отопительного периода 200 суток) порядка 20 000 м<sup>3</sup>. Поэтому наиболее целесообразным представляется использовать в качестве аккумулирующей среды естественные природные (массив грунта, подземные воды, горные породы) или искусственные (заглубленные в грунт теплоизолированные емкости большого объема, массивные строительные конструкции и т.п.) объекты.

Наиболее простым является аккумулятор горячей воды в виде искусственной емкости (рис. 2, а). Вода является одновременно и теплоносителем и аккумулирующей средой. Преимуществами данного решения являются независимость от геологических факторов и широкий диапазон изменения объема (может использоваться как для отдельного здания, так и в крупной системе теплоснабжения). В то же время требуются большие капитальные вложения, обусловленные значительным объемом строительных работ и затратами на материалы (бетон, гидро- и теплоизоляция и т.д.). Объем такого рода аккумулятора [6] составляет 50...6 000 м<sup>3</sup>, а диапазон температур от 10 °С до 95 °С, максимальная температура в данном случае ограничивается свойствами применяемых материалов.

В качестве аккумулирующей емкости могут быть использованы также естественные геологические образования - каверны, трещины в горных породах, антиклинали. Решающую роль при использовании аккумуляторов такого типа играют геологические свойства полости, определяющие величину потерь теплоты и теплоносителя. Преимуществом такого способа аккумуляции теплоты является то, что производительность по теплоте определяется производительностью насосной установки. Объем таких аккумуляторов может превышать 100 000 м<sup>3</sup>.

Близким по конструкции и принципу действия к емкостным аккумуляторам является аккумулятор с гравийно-водной теплоаккумулирующей средой (рис. 2, б). Он выполняется в виде углубления в грунте, выстилаемого гидроизоляционным материалом и заполненного гравием и водой. Особенностью конструкции является то, что стенки сделаны непосредственно в грунте, а теплоизоляция располагается только над емкостью, таким образом, снижается стоимость. Данный тип ак-

кумуляторов может иметь значительно больший объем, чем у емкостных аккумуляторов, диапазон температур воды [6] находится в пределах 10...90 °С и ограничивается стойкостью применяемых для гидроизоляции материалов. Объемы существующих аккумуляторов такого типа - 1000...50000 м<sup>3</sup>. Теплообмен может осуществляться либо непосредственно между водой и наполнителем, либо при помощи встроенного трубчатого теплообменника.

Распространение получили системы аккумуляции теплоты, использующие в качестве теплоаккумулирующей среды грунт [6]. Теплообмен между теплоносителем и аккумулирующей средой осуществляется при помощи зондов, представляющих собой, как правило, U-образные трубы, располагаемые в скважинах (рис. 2, в), диаметром порядка 100...300 мм и глубиной 20...150 м. Скважины находятся на расстоянии 1,5...3 м друг возле друга. Расстояние зависит от величины теплопроводности грунта: для менее теплопроводных слоев (сухие, рыхлые горные породы) расстояние меньше. Зарядка аккумулятора происходит при циркуляции горячего теплоносителя в зондах, нагрев грунта осуществляется за счет его теплопроводности. Особенностью данного способа по сравнению с аккумуляцией в водной среде является то, что температура теплоаккумулирующей среды постоянно изменяется в процессе зарядки и разрядки. Отсутствие дополнительной теплоизоляции объема приводит к потерям теплоты при хранении и при значительной стоимости буровых работ сооружение такого рода аккумуляторов целесообразно лишь при больших объемах (10 000...1 000 000 м<sup>3</sup>).

Эффективным хранилищем теплоты могут служить и подземные водоносные пласты (рис. 2, г), где теплоаккумулирующей средой является как песчано-гравийная порода, так и вода, содержащаяся в порах водоносного слоя. Объекты такого типа могут использоваться и как аккумулятор холода, и как комбинированный накопитель теплоты и холода [6]. Существенное влияние на их работу оказывают гидрогеологические особенности, скорость движения подземных вод, глубина залегания, объемы водоносного слоя, а также концентрация растворенных веществ и наличие растворенных газов в воде.

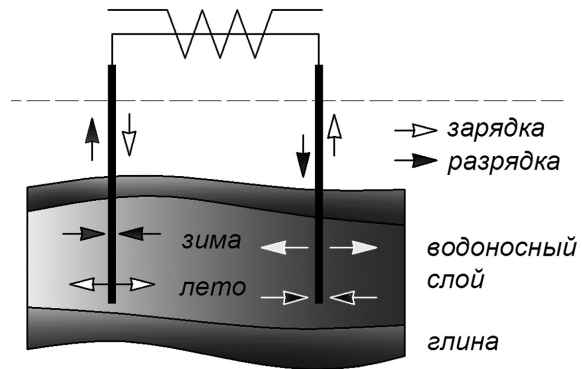


Рис. 3. Принцип работы сезонного аккумулятора теплоты

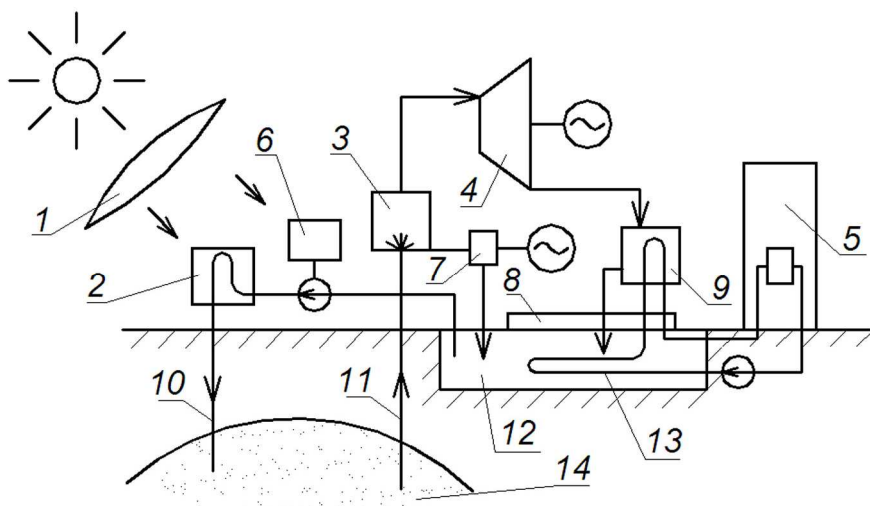


Рис. 4. Схема геогелиотеплоэлектроцентрали

Зарядка и разрядка осуществляется при помощи двух (или более) скважин, глубиной 30...300 м, отнесенных друг от друга на расстояние нескольких десятков метров, достаточное для того, чтобы исключить взаимное влияние теплой и холодной областей.

Один из возможных вариантов работы показан на рис. 3. Летом вода из «холодной» скважины с температурой 8...25 °С используется для кондиционирования, при этом нагревается (дополнительно может подогреваться при помощи гелиоколлекторов) и закачивается в «теплую» скважину с температурой 30...70 °С. В качестве источника может использоваться также теплота от ТЭЦ, которая не используется в летнее время.

Зимой направление циркуляции воды изменяется на противоположное, и теплая вода поступает к потребителю, где охлаждается и вновь закачивается в «холодную» скважину. Для дополнительного подогрева воды в таких системах могут применяться тепловые насосы или высокоэффективные водонагреватели (например, контактные газовые водонагреватели [7]).

Достоинством аккумуляторов такого типа является их относительно невысокая стоимость по сравнению с другими хранилищами (рентабельность достигается при объемах порядка 50 000 м<sup>3</sup> [6] и с увеличением объема растет). Однако перед началом строительства таких объектов должны быть тщательно исследованы все факторы, способные повлиять на их работу. Необходимо также исключить негативное влияние процесса хранения на качество воды.

Все вышеописанные технические решения направлены на аккумуляцию теплоты с целью использования ее для отопления и горячего водоснабжения. Вместе с тем большой интерес представляет выработка электрической энергии на базе аккумулярованной солнечной теплоты. Нами предлагается новая технология, позволяющая реализовать данный процесс.

Задача получения электрической энергии может быть решена следующим образом. Рабочее тело нагревают приемлемыми концентраторами солнечных лучей и хранят его в достаточном количестве в течение необходимого времени. Это хранение может быть обеспечено или путем применения нового энергоносителя (водород, например), или переводом рабочего тела в другое агрегатное состояние (плавление глауберовой соли и др.), или адиабатным содержанием нагретого вещества. Последний способ по технико-экономическим условиям самый приемлемый, но проблема трудноразрешима для крупных термостатов.

Предлагаемый способ экологически чистого энергообеспечения [8] представлен в виде гелиотеплоэлектроцентрали (ГТТЭЦ) (рис. 4). Солнечный концентратор 1 - это комплекс больших линз (вода между двумя прозрачными пленочными сферическими поверхностями, конструкция проще и дешевле зеркальных гелиостатов), собирающих солнечные лучи на поверхностях солнечных котлов 2, где вода в трубах нагревается до температуры нескольких сот градусов по Цельсию под давлением несколько десятков мегапаскалей. В парогенераторе 3 происходит дросселирование воды, так как при этом вода становится перегретой, часть ее превращается в пар, который под давлением порядка десяти мегапаскалей подается в основную паросиловую установку 4, где вырабатывается электроэнергия. Система отопления 5 - это потребитель

среднепотенциального тепла (комплекс нагревательных бытовых приборов). Установка 6 является насосной станцией, подающей воду в солнечный котел 2. Гидрогенератор 7 для производства электроэнергии использует сбросную воду из парогенератора 3. Примером потребителя низкопотенциального тепла 8 может служить сельскохозяйственное сооружение в виде крупной теплицы. После паровой турбины паросиловой установки 4 установлен конденсатор 9, где в режиме так называемого «ухудшенного вакуума» дополнительно подогревается вода для системы отопления 5. От солнечного котла 2 вниз на глубину порядка километра идет напорная скважина 10, по которой движется вода от насоса установки 6. На определенном расстоянии от 10 имеется выходная скважина 11, подающая горячую воду под большим давлением и с высокой температурой в парогенератор 3. Отработавшая вода и конденсат скапливаются в структурированном бассейне 12 (ориентировочные габариты для среднего города: при глубине 5...10 м площадь зеркала примерно 1 км<sup>2</sup>), в котором расположен трубчатый теплообменник 13. Скважины 10 и 11 введены в пористую горную породу 14, создают искусственную геотермальную воду в требуемом количестве. Благодаря низкой теплопроводности горных пород, наличию антиклинальных структур, незначительному смешиванию с пластовой водой сохранность теплоты в таком термостате может быть высокой. На схеме кружки со стрелками - насосы, с волнистой чертой - электрогенераторы, работающие на энергосистему. В режиме "зарядки" (лето) описываемая ГТТЭЦ нагнетает нагретую воду в скважину 10 из бассейна 12 (другие системы отключены). В режиме "работы" (зима) включается парогенератор 3, паросиловая установка 4, гидрогенератор 7, наполняется бассейн 12, через теплообменник 13 обеспечивается теплоснабжение систем отопления 5. Потребители низкопотенциального тепла (теплицы) могут служить также теплоизоляционным средством для бассейна 12.

Описанная выше ГТТЭЦ является примером новых разработок приоритетных энергетических технологий, направленных на повышение энергобезопасности страны.

#### Выводы

Республика Беларусь обладает значительным потенциалом для использования солнечной энергии.

Применение гелиотехнологий для получения тепловой и электрической энергии позволит сократить долю импортируемых энергоносителей и будет способствовать решению экологических проблем (в том числе и выбросов парниковых газов).

Основными проблемами, препятствующими широкому использованию солнечной энергии, являются ее рассредоточенность на большой территории и сезонная неравномерность данного ресурса. Для решения данных проблем необходимо развивать такие направления гелиоэнергетики, как улавливание, концентрация, длительное хранение энергии солнца и преобразование ее в другие виды энергии.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Key World Energy Statistics 2006. International Energy Agency. – Paris: IEA Publications, 2006.
2. Безруков Ю.Ф. Физическая география материков и океанов в вопросах и ответах. Часть 1. Евразия и Мировой океан. Учебное пособие. – Симферополь: ТНУ им. В.И. Вернадского, 2005. – 196 с.
3. Строительная климатология. СНБ 2.04.02 – 2000. – Минстройархитектуры, Минск, 2001.
4. Государственная комплексная программа модернизации основных производственных фондов белорусской энергетической системы, энергосбережения и увеличения доли ис-

пользования в республике собственных топливно-энергетических ресурсов в 2006 – 2010 годах. – Минск, 2005.

5. Кузьмич В.В. Снижение энергопотребления на технологические и бытовые нужды в сельском хозяйстве путем создания и использования высокоэффективных гелиосистем: автореферат дис. ... доктора технических наук 05.20.01, 05.14.04. – Минск, 1996.
6. Langzeit-Wärmespeicher und solare Nahwärme / BINE Informationsdienst. Themen-Info I/01 [Электронный ресурс]. – 2001. – Режим доступа: <http://www.bine.info/pdf/publikation/pro0101.pdf>
7. Патент ВУ 1468U, F 24H 1/00. Водонагреватель/Северянин В.С., Тимошук А.Л.— заявл. 04.08.2003, опубл. 30.09.2004.
8. Северянин В.С. Геогелиотеплоэлектроцентральный // Сахаровские чтения 2005 года: экологические проблемы XXI века: Материалы 5 международного науч. конф., 20 - 21 мая 2005, Минск / под ред. С.П. Кундаса, А.Е. Океанова, В.Е. Шевчука. - Ч. 2. - Гомель: РНИУП «Институт радиологии», 2005. - 312 с.

Статья поступила в редакцию 03.04.2007

УДК 504.53.054

Бубнов В.П., Бельская Г.В., Минченко Е.М.

## МЕХАНИЗМ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ СОЕДИНЕНИЯМИ АЗОТА ПРИ РАБОТЕ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

### Введение

Хозяйственная жизнь человека предполагает использование различных химических соединений и привнесение их в экосистемы. Химические соединения (природного и антропогенного происхождения) считаются загрязнителями, если они нарушают качественный баланс (равновесие) экосистемы. Это справедливо и в отношении почвенных экосистем. На ряду с непосредственным загрязнением почвенных экосистем хозяйственной деятельностью человека на земле (почве) ее загрязнению способствуют вредные вещества, переходящие из атмосферы в почву в виде кислотных дождей, аэрозолей и т.п. Важной проблемой здесь является загрязнение почв оксидами азота, которые содержатся в дымовых газах ТЭС при сжигании органического топлива и выпадение их в виде кислотных осадков. Так, на 1 МВт выработанной электрической мощности ТЭС, работающей на органическом топливе в атмосферу выбрасывается окислов азота при сжигании:

- газа – 24,32 10<sup>6</sup> м<sup>3</sup>/год;
- мазута – 18,37 10<sup>3</sup> т/год;
- угля – 48,02 10<sup>3</sup> т/год.

Сжигание природного газа для получения тепло- и электроэнергетики ведет к образованию вредных выбросов, основными из которых являются оксиды азота (NO<sub>x</sub>).

Дымовые газы (выбросы) ТЭС, оседая на земную поверхность, почвы, растения, загрязняют их. Повреждение и отмирание растений определяются прежде всего непосредственными воздушными контактами их зеленых частей с загрязняющими веществами, накоплением их в тканях растений и токсичным действием среды (почвы, воды), сосредотачивающей вредные ингредиенты выбросов, которые через корневую систему попадают в растения, а затем и в организм животных организмов, в том числе и человека. Загрязнение почв происходит через непосредственное оседание атмосферных выбросов ТЭС, смывание токсикантов с растений, поступление с

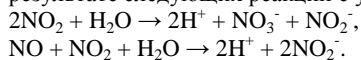
опавшими листьями, ветровым переносом и вместе с осадками. Поступление загрязняющих веществ к земной поверхности может вести также к изменению физико-химических свойств почв, их плодородия, загрязнению поверхностных и грунтовых вод.

В связи с трансформацией соединений азота в почве следует упомянуть еще одну очень важную проблему. В число газообразных продуктов, выделяющихся в разнообразных процессах, входит закись азота N<sub>2</sub>O. Это соединение участвует в разрушении озонового экрана в стратосфере, от которого зависит существование растительной и животной жизни на Земле. Главным природным источником N<sub>2</sub>O, поступающей в атмосферу, служит почва, а широкое применение азотных удобрений и поступление азотной кислоты с дождевыми потоками может увеличить поток N<sub>2</sub>O в атмосферу. Поэтому знание механизма перехода окислов азота из атмосферы в почву и обратно в атмосферу, позволит более объективно оценить экологическую обстановку территории при строительстве различных энергоисточников.

### Механизм перехода окислов азота из атмосферы в почву

Рассмотрим механизм трансформации оксидов азота в атмосфере и последующие их попадание на почву. Удаление оксидов азота из воздуха происходит за счет растворения в облачной воде, газофазного окисления в воздухе, вымывания осадками и сорбции подстилающей поверхностью.

Одним из основных каналов стока оксидов азота из атмосферы является их растворение и химическая трансформация в нитраты и нитриты в воде, присутствующей в воздухе. Образование нитратов и нитритов в воде может происходить в результате следующих реакций с участием окислов азота:



Бубнов Владилен Павлович, д. т. н., профессор кафедры экономики и экологии Института современных знаний имени А.М. Широкова.

Бельская Галина Владимировна, к. с.-х. н., доцент кафедры экологии Белорусского национального технического университета.  
Минченко Елизавета Михайловна, аспирантка кафедры экологии Белорусского национального технического университета.  
Беларусь, БНТУ, 220013, г. Минск, пр. Ф. Скорины, 65.

Водохозяйственное строительство и теплоэнергетика