

установок будет построено два каркасных здания, позволяющих испытывать секции опреснителей в натуральную величину.

Из числа построенных в Великобритании за последнее время опреснительных установок следует отметить 10-ступенчатую установку с мгновенным вскипанием производительностью $200 \text{ м}^3/\text{сутки}$ дистиллята (о. Кенвей, фирма «Ейтон») и двухцелевую установку электрической мощностью 7 Мвт и производительностью $1200 \text{ м}^3/\text{сутки}$ пресной воды (о. Кипр, фирма «Баклей и Тейлор»).

В Великобритании наиболее перспективными на ближайшие годы считаются многоступенчатые испарительные установки с мгновенным вскипанием.

Р. Силвер предложил новую, названную им «петельную» схему многоступенчатой испарительной установки с мгновенным вскипанием, в которой подаваемая в конденсаторы испарительных камер морская вода делится на две части, причем половина воды проходит конденсаторы только четных камер испарителя, вторая половина — только нечетных. Это должно резко уменьшить число трубных досок в установке.

Управление по атомной энергии Великобритании финансирует исследовательские работы по использованию усовершенствованного реактора с газовым охлаждением и тяжеловодного реактора на двухцелевых ядерных опреснительных установках.

Представитель США Р. Эллисен отметил значительное увеличение ассигнований на исследовательские работы в области опреснения воды, которые на ближайшие 5 лет составят около 200 млн. долл.

Проводимые в США исследовательские работы должны подготовить научно-техническую базу для широкого строительства в 70-х годах крупных ядерных двухцелевых установок производительностью $500-1000 \text{ тыс. м}^3/\text{сутки}$ дистиллята. Планируется ввод

в эксплуатацию в 1971—1972 гг. первой такой установки на искусственном острове у побережья Калифорнии для водоснабжения района г. Лос-Анжелос. Сметная стоимость составляет с учетом стоимости постройки искусственного острова 321 млн. долл.

Заключено соглашение с Мексикой о совместном строительстве ядерной опреснительной установки в мексиканской Южной Калифорнии. Проведенные в США расчеты показывают возможность получения на этих установках пресной воды по стоимости $5-6 \text{ цент}/\text{м}^3$ и электроэнергии по $0,4 \text{ цент}/\text{квт} \cdot \text{ч}$.

В докладе В. А. Клячко изложены результаты проведенных в СССР исследований по предотвращению накипи на поверхности теплопередачи испарителей морской воды, данные о трехлетнем опыте эксплуатации опреснительной установки, снабжающей пресной водой г. Шевченко, и сообщены основные показатели двухцелевой ядерной водозлектростанции, строящейся сейчас в г. Шевченко (реактор на быстрых нейтронах тепловой мощностью 1000 Мвт , блок опреснения производительностью $120 \text{ тыс. м}^3/\text{сутки}$, электростанция мощностью 350 тыс. кВт).

Доклад А. Деланниса посвящен опыту использования в Греции солнечной энергии для опреснения воды (имеется ряд действующих установок), доклад Ф. Вакренье (Франция) — развитию работ по опреснению воды гиперфильтрацией («обратный осмос»), доклад Д. Боцца (Италия) — экономике опреснения воды.

В докладе А. Пеледа (Израиль) приведены данные о крупной опреснительной установке (замораживание морской воды кипением в глубоком вакууме), построенной в Эйлате, и о планах строительства в Израиле с помощью США ядерной опреснительной установки.

В работе семинара приняло участие около 150 научных работников и инженеров.

В. А. КЛЯЧКО

Использование ядерных методов в гидрологии и гидрогеологии

Новейшие методы исследования, основанные на применении радиоактивных и стабильных изотопов и радиоактивных излучений, широко используются гидрологами и гидрогеологами многих стран мира для изучения поверхностных и подземных вод.

С 21 по 25 марта 1966 г. в Вене в МАГАТЭ проходило заседание рабочей группы Координационного совета Международного гидрологического десятилетия (МГД), которая создана для подготовки рекомендаций по применению ядерных методов при исследовании влаги в насыщенных и ненасыщенных зонах.

В работе группы приняли участие представители Англии, Индии, Израиля, Италии, СССР, США, Франции, Швеции и международных организаций МАГАТЭ, ЮНЕСКО, Международной ассоциации научной гидрологии и Продовольственной и сельскохозяйственной организации. В качестве наблюдателей присутствовали также представители Австрии, Дании, Польши и ФРГ.

Из сообщений участников заседания следует, что наиболее широко применяются две группы ядерных методов. Методы первой группы основаны на использовании нейтронов для определения влагосодержания почв и грунтов в статических условиях. С помощью методов второй группы, использующих природные радиоактивные и стабильные изотопы, решается широ-

кий круг гидрологических и гидрогеологических задач.

Нейтронный метод определения влажности, основанный на эффекте аномального замедления быстрых нейтронов водородом, в настоящее время доведен до разработки нескольких типов полевых приборов — нейтронных влагомеров. На заседании был заслушан обзорный доклад доктора А. Зубера (Краковский институт ядерных исследований, Польша) и Ж. Камерона (МАГАТЭ) о состоянии развития нейтронных методов и применении нейтронных влагомеров. Используются нейтронные влагомеры двух типов: поверхностный и скважинный. Предпочтение отдается скважинным влагомерам, поскольку поверхностные слои почв и грунтов отличаются крайней неоднородностью по содержанию в них влаги, а также нестабильностью влагосодержания во времени. Особое внимание в обзоре уделено параметрам измерительных датчиков и факторам, влияющим на точность измерения влагосодержания. Указано на необходимость тщательной калибровки нейтронных влагомеров и соблюдения условий калибровки при практических измерениях влажности. Отмечено также, что различие между диаметром измерительного зонда и диаметром скважины должно быть доведено до нескольких миллиметров и одновременно диаметр зонда

уменьшен до 20—25 мм. Участники совещания проявили большой интерес к развиваемому в Советском Союзе способу определения влагосодержания нейтронным методом без предварительной проходки скважин путем вдавливания измерительного зонда на глубину до 20 м с одновременной записью диаграммы распределения влажности по глубине.

В нейтронных влагомерах используются следующие нейтронные источники: $Ra^{226} + Be$, $Pu^{239} + Be$, $Ac^{227} + Be$ и $Am^{241} + Be$. В случае применения в качестве детекторов тепловых нейтронов сцинтилляционных счетчиков (в основном литиевое стекло) последним двум источникам отдается предпочтение, поскольку они дают наиболее низкий фон γ -излучения. Проявляется интерес к использованию He^3 в качестве наполнителя пропорциональных счетчиков для детектирования тепловых и особенно подтепловых нейтронов. Оказалось, что счетчики с наполнением He^3 более эффективны, чем с $B^{10}F_3$.

В настоящее время некоторые фирмы Англии, США, Франции («Ньюклар Чикаго», «Ньюклар Энтерпрайзис», «Фризек и Хопфнер», «Трокслер» и др.) выпускают нейтронные влагомеры серийно.

Рассмотрев состояние развития нейтронных методов определения влагосодержания грунтов и почв и оценив опыт использования нейтронных влагомеров, рабочая группа приняла решение о подготовке практических руководств по этим методам.

В последние годы при изучении движения влаги в природе и под землей широко применяются природные радиоактивные и стабильные изотопы, входящие в состав самих молекул воды или мигрирующие вместе с ними. К таким изотопам относятся тритий, C^{14} , дейтерий и O^{18} . Особенно широкое распространение в исследовательской практике получил природный тритий, который используется для решения следующих гидрогеологических задач: 1) оценки интенсивности питания подземных вод за счет атмосферных осадков в районах с высокой водопроницаемостью зоны аэрации, а также эффективности питания грунтовых вод в малопроницаемых породах; 2) установления взаимосвязи поверхностных и подземных вод в речных бассейнах; 3) исследования процессов движения подземных вод в карстовых и трещиноватых породах (так как скорость фильтрации в этих условиях весьма высокая, малый период полураспада трития здесь не является помехой); 4) изучения процессов миграции влаги, образовавшейся за счет атмосферных осадков, в зоне аэрации.

Получили развитие методы, связанные с использованием радиоактивного C^{14} . Отмечены серьезные успехи ряда стран в использовании стабильных изотопов дейтерия и O^{18} , которые имеются во всех формах и фазах движения воды в природе. Отклонение содержания дейтерия в различных водах от стандартного содержания в океанской воде достигает 400‰, а для O^{18} — 40‰. Применение этих изотопов гидрологами основано на фракционировании изотопов в природе при испарении и конденсации влаги в гидрологическом цикле. Концентрация стабильных изотопов дейтерия и O^{18}

в осадках определяется в основном расстоянием от поверхности океана, температурой и высотой их переноса. Использование стабильных изотопов дейтерия и O^{18} позволяет устанавливать взаимосвязь и происхождение водоносных горизонтов, исследовать физику облаков для гидрометеорологических целей, а также условия образования ледников и процесс их перемещения.

При региональных гидрологических и гидрогеологических исследованиях с помощью природных изотопов необходимо систематически измерять выпадающие осадки и содержание природных изотопов в осадках. Для выполнения этих условий можно воспользоваться данными гидрометеослужбы, которая имеет соответствующую сеть станций на всем земном шаре, а также материалами МАГАТЭ. Под контролем МАГАТЭ действуют более 100 станций, которые с 1961 г. осуществляют систематический анализ проб воды из атмосферных осадков в основных климатических зонах мира. Кроме этих станций действуют национальные пункты отбора проб и измерений содержания изотопов.

По сообщению доктора Е. Данфорса (Швеция), все скандинавские страны с 1961 г. проводят регулярные измерения трития на 20 станциях. С 1962 г. в Швеции и Финляндии регулярно измеряется содержание трития в поверхностных водах 17 рек, а с 1965 г. — в нескольких водоемах Норвегии и Исландии. В 1963 г. в Стокгольме состоялся специальный симпозиум, где обсуждались проблемы состояния ядерных методов в гидрологии.

Интересные исследования по применению природных изотопов проводятся в Индии. Доктор С. Рама сообщил о работах в институте Тата в Бомбее, где наряду с тритием и C^{14} используется Si^{32} . Здесь в течение трех лет проводился сбор и анализ образцов различных вод для определения содержания природных изотопов. Образцы осадков отбирались ежемесячно 20 станциями страны.

Большие работы по использованию стабильных изотопов для оценки условий испарения и транспирации влаги растительностью проводит в Пизе профессор Е. Тонджорджи (Италия). Доктор К. Мюнних (ФРГ) в Гейдельберге применяет природные изотопы для оценки условий миграции атмосферных осадков в зоне аэрации.

Эксперт МАГАТЭ Т. Динчер сообщил участникам заседания о проведенной экспериментальной работе по установлению взаимосвязи некоторых озер Анатolianского плато (Турция) с реками, берущими начало с того же плато. По содержанию природных изотопов в этих водоемах было установлено, что такая связь отсутствует.

На заседании были приняты план работы группы и решение о созыве следующего заседания, которое состоится после проведения второго симпозиума по использованию ядерных методов в гидрологии, назначенного на ноябрь 1966 г.

В. И. ФЕРРОНСКИЙ

Гамма-лучи и каротин

В нашей стране в результате многолетних опытов накоплен большой фактический материал о хозяйственной перспективности метода предпосевного облучения семян, позволяющего повысить урожайность сельскохозяйственных культур, ускорить созревание

и улучшить качество сырья, выращенного из облученных семян.

В целях обмена опытом работы в области применения атомной энергии в сельском хозяйстве в марте 1966 г. Главотомом совместно с Краснодарским управ-