

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ВОДООТВЕДЕНИЕ И ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД В ГОРОДСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

УДК 628.1-192

В.А.ПЕТРОСОВ, академик Украинской экологической академии наук
ТПО "Харьвовкаммунипромвод"

ВЛИЯНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА НА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЕ ГОРОДОВ. РЕЗЕРВЫ ВОДОБЕСПЕЧЕНИЯ

Рассматривается состояние системы водоснабжения в существующих экологических и экономических условиях. Выполнено прогнозирование водопотребления в городах с учетом изменения природно-климатических условий. Определены резервы повышения надежности и устойчивости систем водоснабжения.

Из поколения в поколение люди неразумно распоряжались водными ресурсами Земли. Огромное их количество расходовалось нерационально и загрязнялось. Сегодня последствия такого расточительства и техногенного загрязнения заметно дают о себе знать. Увеличение потребления воды еще остается вне поля зрения населения многих стран. Проблеме увеличения водопотребления и одновременного ухудшения качества пресной воды недостаточное внимание уделяет мировая общественность, хотя это представляет большую угрозу для народов, чем, скажем, наводнение или засуха в отдельных регионах планеты, также способствующие глобальному изменению климата на Земле.

Проблем, свидетельствующих о критической ситуации с запасами и качеством пресной воды в мире, более чем достаточно. Потребление воды в сельском хозяйстве, промышленности, в городах увеличивается, причем решающим фактором здесь выступает не только рост численности населения, но и повышение уровня жизни. Непредсказуемо и глобальное изменение климата на Земле в наступившем XXI в., с чем будет связано и *постоянное реагирование в системах водоснабжения городов на изменение климата*. Управление водными ресурсами в городах требует решения ключевых задач: измерение расходов воды, контроль утечек и неучтенной воды в системе подачи и распределения, сбережение воды и т. д. Все это вызывает необходимость проведения работ по усовершенствованию систем водоснабжения, тщательного анализа их уязвимости, принятия мер по повышению надежности в нормальных и экстремальных условиях.

Гидрологи мира относят страны, в которых на человека приходится от 1000 до 2000 м³ воды в год, к государствам с недостаточными водными ресурсами. К примеру, во Франции в год на каждого жителя приходится 8,5 тыс. м³ природной воды, в США – 6,8 тыс. м³, Англии – 5 тыс. м³, в Украине же эта цифра составляет всего 0,67 тыс. м³. Поэтому в таких странах, как Украина, необходимо проводить жесткое нормирование воды, ее учет и контроль, осуществлять государственные компенсации за экономию воды, тепла, электроэнергии. Централизованные системы водоснабжения – одна из стратегических систем, имеющих целью обеспечить достаточное количество и качество обслуживания; гарантировать максимальный срок службы существующих сооружений и их пропускную способность; проводить работы по эксплуатации и содержанию сооружений с точки зрения объемов, времени и издержек. Эффективность их определяется уровнем ресурсов (вода, энергия и т. д.).

Водопроводно-канализационное хозяйство и экология Украины отличаются особыми и существенными характеристиками: единством технологического процесса, особенным составом основных фондов, неразделенностью во времени процесса производства и потребления, доступностью к химико-бактериологическому поражению водных ресурсов как от обычного загрязнения в результате деятельности человека, так и уменьшенного, при ограниченной барьерной роли систем кондиционирования воды и Чернобыльской катастрофы.

К недостаткам существующей системы управления водным хозяйством следует отнести ее перенапряженность, недостаточную управляемость, низкую эффективность в плане реализации новейших достижений водоохранной науки и практики, ведомственную разобщенность, экономическую нестабильность. Система не обеспечивает управление водным хозяйством страны по принципу единого органа, не обладает гибкостью, информативностью, не снабжена соответствующим механизмом оперативной передачи, обработки и накопления информации о состоянии водных объектов в масштабе всей страны.

Барьерная роль очистных водопроводных сооружений при действующей технологии ограничена. Вследствие этого существует постоянная реальная угроза роста инфекционных, аллергических, онкологических и других заболеваний. Дефицит питьевой воды, использование неконтролируемых источников водоснабжения являются одной из причин вспышек гепатита А, которые в последние годы имели место в Автономной Республике Крым, Николаевской, Днепропетровской, Донецкой, Кировоградской областях, в г. Севастополе и других регионах.

Если учесть, что вся вода, например, р.Северского Донца прежде чем попасть в р.Дон шесть раз используется водопотребителями, то становится очевидной актуальность проблемы обеспечения населения качественной питьевой водой и необходимость интенсификации систем водообеспечения.

Предприятия жизнеобеспечивающей отрасли – водопроводно-канализационного хозяйства в городах Украины вступили в XXI век, находясь в критическом (более чем кризисном) состоянии по износу основных фондов, ограниченным возможностям систем очистки воды, финансово-экономическому состоянию, внедрению современных технологий и обновлению оборудования с целью усиления программ ресурсосбережения и качества услуг. Так, по данным Госстроя Украины четвертая часть водопроводных сооружений (в денежном выражении) отработала нормативный срок амортизации. Полностью самортизирована каждая пятая насосная станция. Почти 40% находящегося в эксплуатации насосного оборудования физически изношено.

Водопроводные очистные сооружения, которые проектировались и строились в соответствии с ранее действующими нормативами, сегодня не в состоянии без усовершенствования технологии и применения новых высокоэффективных реагентов препятствовать поступлению в питьевую воду химических соединений, совместное действие которых на организм человека представляет реальную угрозу здоровью.

В крайне неудовлетворительном состоянии находятся системы подачи и распределения воды, что приводит к потерям питьевой воды и возможностям ее вторичного загрязнения. Более 50% наружных сетей и все внутридомовые сети – стальные, срок эксплуатации их превышает 15-20 лет, а в системах горячего водоснабжения – 10 лет. Примерно 30% существующих водопроводных сетей (25 тыс. км) требуют незамедлительной перекладки и санации. Количество аварий на водопроводных сетях (до 2 аварий за год на 1 км сетей) на порядок превышает соответствующий показатель в странах Европы.

Острота проблемы для всех стран усугубляется фактором, который зависит от объема водообеспеченности и риска усиления воздействия на водные ресурсы, – глобальным изменением климата на планете. Климатологи мира уже работают над вопросом – при медленном потеплении климата на несколько градусов возможен ли запуск больших и быстрых флуктуаций в сторону более теплых или холодных температур с непредсказуемыми последствиями для гидрологического цикла и миграции населения на Планете?

Еще в XIX в. некоторые ученые высказывали предположения, что в процессе развития цивилизации на планете могут произойти серьез-

ные изменения климата, а в начале 70-х годов XX в. ученый-климатолог М.И.Будыко опубликовал первый конкретный прогноз глобального потепления на ближайшее столетие за счет увеличения содержания углекислотного и других "парниковых" газов в атмосфере. Однако тогда мало кто поверил в реальность такого прогноза. Наблюдения последнего десятилетия, когда глобальная температура ежегодно беспрецедентно повышалась и была самой высокой за весь период наблюдений (с 1850 г.), убедили ученых, что это далеко не случайность. Начало изменения гидрологического режима вызывает изменение пространственного и временного распределения осадков, их величины и продолжительности и, следовательно, влияет на характеристики стока поверхностной воды, а также водные ресурсы в почве.

Изменение гидробиологического и солевого состава воды в связи с повышением температуры наглядно демонстрируют растущие проблемы для систем водоснабжения, в том числе для пресноводных экосистем.

Прогнозированием антропогенных изменений климата и комплексным изучением возможных последствий глобального потепления занимаются ученые многих стран мира. Исследования и наблюдения по этим проблемам проводятся в рамках национальных и международных программ. В то же время следует заметить, что проблемы водопотребления в условиях изменения климата обсуждаются лишь дискуссионно. Большинство моделей будущего климата прогнозируют, что количество зимних осадков будет возрастать в северной и центральной части Европы, в летний период возможны засухи. Изменение климата вызовет соответствующую реакцию во многих системах, в том числе в сельском хозяйстве, пищевой промышленности, энергетике. В связи с вышеизложенным спланированные действия в стратегии прежде всего должны выражаться в прогнозировании изменения климата, оценке последствий того, к чему могут привести те или иные естественные и антропогенные изменения климата, в выработке рекомендаций, которые смягчат негативные последствия при изменении климата.

Особое внимание проблеме глобального изменения было уделено на 2-й Всемирной конференции по вопросам климата в Женеве (ноябрь 1991г.) [1]. В частности, отмечалось, что в ближайшие 20-40 лет прогнозируется повышение глобальной температуры воздуха на 2-3 °С, наибольшее потепление (до 5-6 °С) будет иметь место в высоких широтах, в зонах умеренного и холодного климата. Возможные последствия изменения климата неизбежно скажутся на состоянии водных ресурсов планеты как наиболее чувствительных к климатическим изменениям и немедленно реагирующих на них. И это вызыва-

ет наибольшее беспокойство [2-5]. *Комплексное и рациональное использование пресных водных ресурсов станет определяющим в жизнедеятельности многих государств. Производство питьевой воды должно быть подготовлено к различным сценариям изменения климата на Земле.* Вместе с тем большое значение приобретает активизация обучения потребителей воды в направлении культуры водопользования в связи с возникновением в будущем противоречий между спросом и возможностями предложений. Системы водоснабжения должны тщательно оценить и свою инфраструктуру.

Мировое сообщество постепенно превращается в единый экономический и социальный организм, для которого проблемы запасов пресной воды, её качества, загрязнения окружающей среды, сбережения водных пресных ресурсов и начала изменения климата на планете в XXI в. будут иметь большое значение для жизнедеятельности грядущих поколений. Работы по компьютерному моделированию динамики изменения и влияния природно-климатических и других условий на водопотребление в городах должны сыграть важную роль не только в оценке дефицита или избытка воды, во внедрении новых технологий для улучшения и рационального водопотребления в городах, но и определять пути эффективного развития водоснабжения городов при изменении климатических условий. В настоящее время эту работу можно осуществлять при сочетании квалифицированного мониторинга водопотребления в городах, расположенных в различных природно-климатических условиях, с компьютерным анализом состояния водоснабжения и последствий тех или иных сценариев изменения климата в городах, тенденции этих изменений для разработки организационно-технических мер по развитию и модернизации системы водоснабжения. Важен также анализ уязвимости водохозяйственных систем, планирования и реагирования на условия изменения климата. Системы водоснабжения в будущем должны быть готовы к работе по повышению эффективности водообеспечения населения.

Сегодня наука делает лишь первые шаги в формировании комплексного или, как говорят, системного представления о биосфере и ее законах. Кроме того, существуют и естественные факторы изменчивости (колебания солнечной инсоляции, извержение вулканов и т. д.), с которыми нельзя не считаться. Тем не менее, компьютерная имитация является единственным средством в оценке ключевых параметров тенденции изменения водопотребления в городах с учетом природно-климатических условий.

Настоящая работа по исследованию водоснабжения и его прогнозированию в практике водоснабжения делается впервые. Она направ-

лена на глубокое научное понимание существующего уровня водопотребления в городах, расположенных в разных природно-климатических условиях, и последствий потенциальных глобальных климатических изменений в будущем. Нужно пересмотреть предпосылки будущих проектов водоснабжения, их коэффициент полезного использования воды (КПИВ), правила эксплуатации и многое другое. У специалистов, осуществляющих водоснабжение городов, должна также быть прозрачная и объективная оценка пропускной способности магистральных водоводов, процента неучтенной воды и утечек в системах водоснабжения для составления действенной программы водосбережения, а вместе с этим энергосбережения и т. д. Потери воды в системах водоснабжения при ее транспортировке потребителю также являются одной из причин неудовлетворительного водообеспечения населения. Сложившаяся практика занижения фактических потерь и неучтенных расходов воды в системах водоснабжения многих городов мира приводит к недооценке мер по повышению эффективности работы систем водоснабжения не только в СНГ. Нужно четко представлять, что суммарные потери воды и нерациональные расходы в городах могут достигать от 15 до 60% количества поданной потребителю воды. Реальная цифра в практике водоснабжения процента неучтенной воды и утечек на уровне 10–15% показывает, что такую систему водоснабжения в США, Германии, Франции теоретически считают высокоэффективной. Однако процент неучтенной воды и утечек в системе распределения воды не может корректно фиксировать эффективность системы. Основным показателем должен служить объем неучтенной воды и утечек, приходящийся на 1 км сети в час ($\text{м}^3/\text{км}\cdot\text{ч}$), с адресной оценкой на самой распределенной сети.

История покажет, что человечество, живя в едином мире, в ближайшие годы под воздействием многоплановых водных проблем начнет коренным образом менять представление о функциональном назначении водопроводных сооружений лишь как о «штатной» системе: добывающей, транспортирующей, очищающей, подающей, хранящей и распределяющей воду потребителю. Государственные деятели стран все большее внимание будут обращать на то, что системы водоснабжения могут влиять на:

- темпы, ритм и состояние развития экономической интеграции в государстве, сбережение минерально-сырьевых ресурсов Земли;
- снижение материализации труда многих отраслей, связанных с проектированием, участвующих в строительстве и эксплуатации водохозяйственных систем;
- состояние здоровья и продолжительность жизни человека;
- эффективность водосбережения и уменьшение загрязнений вод-

ных ресурсов от возвратных стоков городов, сельского хозяйства, промышленности;

- снижение межрайонной переброски водных ресурсов и др.;
- межгосударственные отношения;
- рост социально-политической активности населения в странах;
- усиление гражданской обороны водообеспечения стран, защиту населения в экстремальных ситуациях на водохозяйственных системах.

Всесторонний анализ, хорошо организованная оценка работы водохозяйственных систем и состояния использования водных ресурсов способны обеспечить ключевой информацией, расширить знания для принятия компетентных решений, направленных на развитие их КПД, оправдания государственных и иных капитальных расходов, повышение уровня управления процессами водосбережения и водоохраны.

Специалистам водоснабжения нужно работать с новым мышлением, извлекать уроки из реальных условий деградации нашей экологии. Необходимо поставить преграду необоснованному приросту водопотребления, безвозвратным, нерациональным и другим потерям воды в водохозяйственных системах, загрязнению водных ресурсов и сокращению водоносности рек. Нужно вовлекать в оборот нетрадиционные источники – минерализованные и морские воды, уменьшать стоимость их опреснения, ускоренно осуществлять разработку и создание безотходных технологий. Следует сокращать скорость изъятия воды из природы, дорожа каждой каплей сэкономленной воды. Важнейшим условием в деле практического водосбережения и водоохраны должно стать научное развитие прогнозирования и нормирования водообеспечения городов – суперпотребителей водных ресурсов. Развитие знаний о закономерности формирования удельного среднесуточного (за год) водопотребления в городах позволит не только вскрыть дефицит в воде и установить резервы, но и направить водохозяйственную деятельность на путь интенсификации и сбалансированного развития во времени, оценить эффективность привлечения дополнительных водных ресурсов для городов, а с этим и экономическую целесообразность многоплановых затрат.

Актуальность проблемы очевидна. Мы уже живем в XXI в., а по прогнозам до 2090 г. численность населения на планете будет составлять около 14 млрд. человек, т.е. столько, сколько ресурсы планеты способны прокормить и напоить. Негативное влияние на состояние здоровья людей, продолжительность их жизни оказывает растущее загрязнение городов и, как следствие, – увеличение зон загрязнения (ореолов) вокруг них, которые являются территориями основного про-

изводства сельхозпродуктов и где, как правило, расположены открытые источники водоснабжения городов и их водозаборы. Забота о воде должна быть в мыслях, словах и делах человека. Он должен научиться относиться к воде с гражданской ответственностью и должным уважением, так как это определяет его дальнейшую судьбу. Беречь и ценить воду – бесценное сокровище, данное людям природой, становится задачей номер один в нашей жизнедеятельности.

Целью нашей работы является прогнозирование водопотребления в городах с учетом изменения природно-климатических условий, выявление резервов, повышение надежности и устойчивости систем водоснабжения. Это лишь некоторые шаги для решения проблем развития водоснабжения городов в настоящем и будущем и определения мер для цивилизованного развития человечества с учетом охраны окружающей среды, бережливого использования ограниченных запасов пресных водных ресурсов Земли.

Исходными данными для построения многофакторной модели влияния природно-климатических условий на водопотребление послужили результаты исследований по городам бывшего СССР. На их основе выявлено влияние множества факторов на изменение общего удельного среднесуточного (за год) водопотребления в городах и организовано новое пространство независимых переменных размерности 25, включающее преобразованные параметры: $q = f(K; G; FI; QNF; H; S; QDO; F_1; E; A; F_2; O; K_1; K_7; T; QSH; DM; E_1; E_7; S_1; S_7; QW; QT; E_{17}; QFN)$.

Задачу построения множественной регрессионной модели решали методом шаговой регрессии на ПЭВМ. Этот метод позволяет не только исключить мультиколлинеарность, но и расположить выбранные существенные факторы в порядке убывания их информативности.

Оценку качества получаемых модулей общего удельного среднесуточного (за год) водопотребления осуществляли по нескольким критериям:

- коэффициенту множественной корреляции и его значимости;
- отклонению линии регрессии от базовых городов;
- значимости оценок параметров регрессии.

С учетом этих критериев для расчета общего удельного среднесуточного (за год) водопотребления населенных мест (городов) бывшего СССР выбрано следующее уравнение:

$$q = -134,9904 + 0,0055K_7 + 0,9609QNF + 1,3289QT + \\ + 0,00005847H - 2,0573E_{17} + 0,54496QW - 0,004601A -$$

$$\begin{aligned} & - 0,01741S_7 + 0,01506F_1 - 0,03019E_7 - 0,001278DM + \\ & + 0,00522FI - 0,5523QNF + 0,000005577O + 0,9031QSH + \\ & + 13,6115G + 0,03847E_1 + 0,001184S, \end{aligned}$$

где q – общее удельное среднесуточное (за год) водопотребление в городе с учетом нерациональных потерь воды, утечек в системе подачи и распределения воды (ПРВ) и расходов воды на нужды городских водопроводов.

Прежние методы управления техническим обслуживанием в системе водоснабжения должны быть отменены благодаря созданию эффективных систем в водоснабжении, разработке и внедрению стратегического плана интенсификации водообеспечения.

Сбор данных и критический анализ для интенсификации систем водоснабжения обширный. Основное внимание в городах должно уделяться недостаткам и возможностям для выявления резервов в системе подачи и распределения воды, экономии водных и других ресурсов при условии обеспечения качества питьевой воды для города в соответствии с ГОСТом "Вода питьевая". Среди них:

- 1) оценка влияния глобального изменения климата на водопотребление города;
- 2) гидравлическая надежность проектной пропускной способности магистральных водоводов в течение времени их эксплуатации;
- 3) частота аварий элементов трубопроводной системы распределения воды в городах, вызывающих перебои в водоснабжении потребителей;
- 4) потери и неучтенные расходы воды в системе транспортировки и распределения воды;
- 5) количественная оценка минимального непроизводительного расхода воды и пьезометрии в системе подачи и распределения воды (в ночное время);
- 6) количественная оценка частоты отказов элементов сантехоборудования в жилом фонде города и их влияния на непроизводительные потери и утечки воды;
- 7) анализ контроля пьезометрии районов города с помощью АСУ ТП подачи и распределения воды;
- 8) применение геоинформационных технологий в системе водообеспечения города;
- 9) программа непрерывной подготовки и обучения ИТР и операторов системы водообеспечения.

Разработка и внедрение стратегического плана интенсификации водообеспечения города за счет сокращения скорости изъятия воды у

природы является одной из важнейших проблем в обеспечении людей и народного хозяйства водными ресурсами в условиях начала глобального изменения климата на Земле, ограниченных запасов водных пресных ресурсов, негативного изменения гидробиологического и солевого состава вод, используемых в качестве источника для водоснабжения. Большая роль во внедрении стратегического плана интенсификации отводится задачам удовлетворения потребностей в воде за счет сокращения капиталовложений, материально-технических и других ресурсов, развития новых мощностей водоснабжения, не нарушающих состояния природной среды, сокращения сброса сточных вод в городах в водные объекты, требующих их дополнительной очистки и разбавления. Стратегический план интенсификации водоснабжения города дает мощный импульс для совершенствования социально-рыночных отношений в системе водоснабжения, внедрения новых методов управления в сфере договорных отношений между участниками рынка услуг в водоснабжении (рисунок).

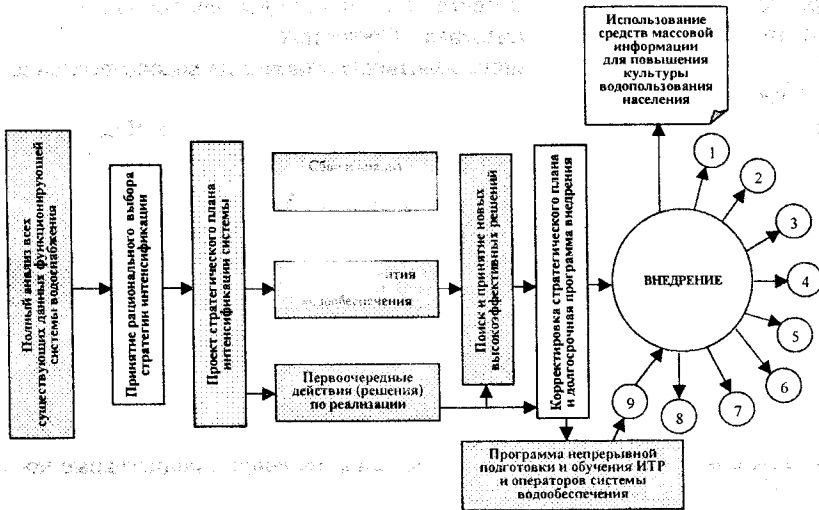


Схема разработки и внедрения стратегического плана интенсификации систем водообеспечения

1. Jager, J. & Ferguson, H. Proc. 1991 Second World Climate Conf., Geneva.
2. IPCC. Climate Change: The IPCC Scientific Assessment. Rept. of Working Group 1 to Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge Univ. Press, Cambridge, England (1990).
3. IPCC. Climate Change 1995: Impacts, Adaptations, and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses. Contribution of Working Group 2 to Intergovern-

mental Panel on Climate Change, Chapters 10 and 14. Cambridge Univ. Press, Cambridge, England (1996).

4. Schneider, S.H.; Gleick, P.H.; & Mearns, L. Prospects for Climate Change. Climate Change and US Water Resources (P. Waggoner, editor). John Wiley & Sons, New York (1990).

5. Mimikou, M.A. & Kouvopoulos, Y.S. Regional Climate Change Impacts. I: Impacts on Water Resources. Hydrolog. Sci. Jour., 36:3:247 (1991).

Получено 20.03.2001

УДК 504.4.06(1/9)

А.В.ГРИЦЕНКО, д-р геогр. наук, Ю.С.КОВАЛЬОВА

УкрНДІЕП, м. Харків

СТРУКТУРА МОНІТОРИНГУ ВОД ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Діяльність суб'єктів моніторингу вод у Харківській області не передбачає їх тісної взаємодії між собою, тому для виконання завдання відтворення водних об'єктів області необхідно розробити і впровадити систему моніторингу вод з включенням всіх суб'єктів у локальну комп'ютерну мережу.

Виходячи з концепції сталого розвитку Харківського регіону, обласний моніторинг вод вирішує завдання відтворення його водних ресурсів. До суб'єктів моніторингу вод області належать такі організації: Держуправління екоресурсів у Харківській області, обласна, міські й районні санітарно-епідеміологічні станції, Харківський обласний центр з гідрометеорології, Харківське державне виробничо-експлуатаційне управління комплексного використання водних ресурсів, Харківське виробниче управління з меліорації і водного господарства, Харківська обласна державна проектно-пошукова станція хімізації сільського господарства, Харківська комплексна гідрогеологічна та інженерно-геологічна партія.

Структура взаємодії суб'єктів моніторингу Харківської області наведена на рисунку. Головні функціональні завдання вказаних організацій у сфері контролю та управління станом водних ресурсів Харківської області такі:

1. Держуправління екоресурсів у Харківській області: реалізація державної політики в галузі охорони водних ресурсів, їхнього раціонального використання та відтворення, попередження наслідків негативного впливу господарської діяльності і їх ліквідації; державний контроль за дотриманням вимог водоохоронного законодавства всіма суб'єктами господарської діяльності, громадянами України, іноземними юридичними і фізичними особами; інформування населення про екологічний стан водного середовища.

2. Обласна, міські й районні санітарно-епідеміологічні станції: