

**С.А.Бакиев, А.С.Ибрагимов, Т.И.Муминджанов,
Б.Ж.Исмаилов, Т.А.Гафуров**

**ТЕРМАЛЬНЫЕ ВОДЫ УЗБЕКИСТАНА
И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ**



**Бакиев Саиднасим
Алимович** –
главный научный сотрудник
ГУ «Институт ГИДРОИНГЕО»,
докт. г.-м. наук.
E-mail: hydrouz@inbox.uz



**Ибрагимов Азиз
Сабинович** –
главный научный консультант
ГУ «Институт ГИДРОИНГЕО»,
докт. г.-м. наук
E-mail: aziz56@mail.ru



**Муминджанов Таладжон
Исраилович** –
ведущий научный сотрудник
ГУ «Институт ГИДРОИНГЕО»,
канд. г.-м. наук



**Исмаилов Бахтияр
Жантиевич** –
заведующий лабораторией
ГУ «Институт ГИДРОИНГЕО»,
канд. г.-м. наук.
E-mail: bakhtiyar.ismailov@bk.ru



**Гафуров Тимур
Абдуллаевич** –
старший научный сотрудник
ГУ «Институт ГИДРОИНГЕО».
E-mail: timur-02151980
@mail.ru

Широкая распространенность и доступность подземных вод с высокими параметрами тепла, увеличение их тепловой мощности с глубиной, возобновляемость и колоссальные запасы в недрах, способность к самоизливу при высоких дебитах, как и предельная стабильность в режиме при правильной эксплуатации, и возможность комплексного использования (теплоэнергетика, водоснабжение, бальнеология, добыча химических продуктов) – все это выгодно отличает термальные воды (имеющие температуру 20°C и выше) от других видов энергетических ресурсов (уголь, нефть, газ) [1].

Современные технологии позволяют эффективно использовать термальную энергию либо напрямую (тепловая энергия), либо через преобразование в электрическую. Использование этой энергии в хозяйственных целях может быть довольно разнообразным, что обусловли-

вает важность исследования условий их формирования и закономерностей распространения, географии распространения, их хозяйственного значения и возможности спектра диверсификации, связанных с их использованием (рис. 1).

Термальные воды для лечения болезней применяются уже достаточно давно со времен Римской империи. В данной области разработано значительное количество методик. Этому способствует различная их температура и различный вещественный состав в разных регионах планеты.

В последнее время высокотермальные воды (90-120°C) широко используются для получения тепловой и электрической энергии (Исландия, Новая Зеландия, Камчатка (Россия), США). Однако, последние разработки науки и технологии отражают также перспективы использования вод и с меньшей температурой



Рис. 1. Схема возможного использования термальных вод в отраслях экономики.

(30-70°C). Развитие подобных производств в современном мире приоритетно. Но использование этих вод без учета их условий формирования и распространения приведет к их истощению. Поэтому, как и любой другой вид природных ресурсов, термальные воды нуждаются в разумном и экономном использовании.

В республике в настоящее время ощущается нехватка топливно-энергетических ресурсов, в связи с этим возникает необходимость использования термальных вод, делая упор на их энергетическую ценность. Такими считаются воды с температурой более 50°C и республика обладает их большими запасами. В результате ранее проведенных исследований на территории Узбекистана выделены районы развития термальных вод (рис. 2).

В мировой практике существует ряд технологий комплексного освоения низко потенциальных термальных ресурсов с использованием теплового и ресурсного потенциалов подземных минеральных вод для различных целей, в т. ч. термальные воды с температурой до 100°C используют в сельском хозяйстве и аквакультуре. Большой интерес для развития сельского хозяйства, рыбоводства и тепличных хозяйств могут представлять термальные воды после использования их в бальнеологических целях (С.А.Бакиев, Б.Ж.Исмаилов и др., 2019 г.).

Термальные воды так же, как минеральные и промышленные, занимают особое место среди полезных ископаемых Узбекистана.

Республика характеризуется широким развитием высокотемпературных, нередко самоизливающихся подземных вод, приуроченных к различным стратиграфическим комплексам осадочных и магматических образований. Повсеместно термальные воды являются и минеральными, которые в основном используются в

бальнеологии. Учитывая это, эти воды одновременно считаются термоминеральными.

Распространение термальных вод совпадает по площади с зоной новейшего горообразования, охватывающей как древние кристаллические массивы и складчатые области, так и области молодого орогенеза.

Обычно величины геотермического градиента верхней зоны земной коры этого региона, не нарушенные существенными тектоническими разломами, колеблются в пределах 1,2-2°/100 м. Однако, на общем фоне сравнительно охлажденных площадей земной коры нередко встречаются прогретые зоны, связанные с крупными возрожденными тектоническими разломами, по которым происходит вынос тепла глубоких недр движущимися подземными водами. Это, главным образом, герцинские и альпийские возрожденные разломы. К ним относятся Таласо-Ферганский, Северо-Тяньшаньский, Северо-Ферганский, Южно-Ферганский и др. С ними связаны многочисленные зоны и участки выклинивания термальных вод, в частности, Алай-Туркестанская зона термальных вод, состоящая из множества источников термоминеральных вод.

Установлено, что межгорные впадины, находящиеся в непосредственном контакте с горными сооружениями, обладают несколько более повышенными величинами геотермических градиентов (2-3,3°/100 м), но близость областей питания с постоянно поступающей холодной водой оказывает определенное влияние и вызывает снижение геотермического градиента.

Предгорные прогибы на крыле, обращенном к горным сооружениям, обладают примерно такими же геотермическими характеристиками, как межгорные впадины, тогда как склон, обращенный к равнинно-платформенным про-

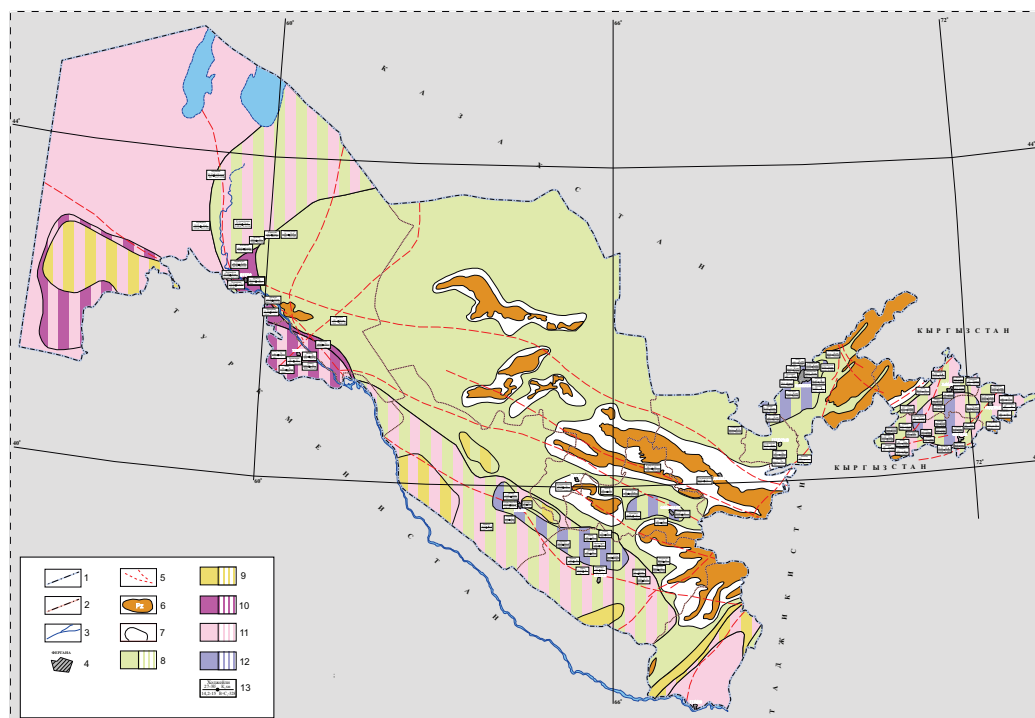


Рис. 2. Схематическая карта распространения термальных вод Республики Узбекистан (масштаб 1:1 000 000). 1 – республиканская граница; 2 – граница областей; 3 – водотоки; 4 – областной центр: римские цифры на карте – области: I – Республика Каракалпакстан, II – Хорезмская, III – Навоийская, IV – Бухарская, V – Кашкадарьинская, VI – Сурхандарьинская, VII – Самаркандская, VIII – Джизакская, IX – Сырдарьинская, X – Ташкентская, XI – Наманганская, XII – Ферганская, XIII – Андижанская; 5 – тектонические нарушения; 6 – выходы палеозойских пород на поверхность земли с очаговым и линейно-очаговым проявлением геотермальных вод; 7 – граница распространения геотермальных вод с различной минерализацией; геотермальные воды с минерализацией, г/л: 8 – 1-10, 9 – 10-15, 10 – 15-35, 11 – более 35, рассольные; 12 – азотно-щелочные термы с минерализацией до 2 г/л; 13 – площадь (участок) геотермальных вод: наверху – название, слева в числителе – температура подземных вод на изливе ($^{\circ}\text{C}$), в знаменателе – минерализация (г/л), справа в числителе – возраст водовмещающих пород, в знаменателе – утвержденные эксплуатационные запасы (тыс. $\text{м}^3/\text{сут}$).

странствам, отличается несколько более повышенным геотермическим градиентом.

Ниже рассмотрим состояния термальных вод на территории республики в разрезе артезианских бассейнов (С.А.Бакиев, Б.Ж.Исмаилов и др., 2019 г.).

Приташкентский артезианский бассейн.

Первым от поверхности водоносным комплексом, содержащим термальные воды, является палеогеновый. Наиболее изучен он в северо-восточной части бассейна (в долине р. Ахангаран), где вскрывается на глубинах от 350-770 м. Воды самоизливающиеся (0,1-23,5 л/сек), термальные, слабоминерализованные, с плотным остатком не более 2 г/л. Температура воды на изливе в скважинах 34-43 $^{\circ}\text{C}$.

Наиболее интересны напорные термальные воды верхнего мела. Температура воды периферийных скважин 34-45 $^{\circ}\text{C}$, а в центральной, наиболее глубокой части бассейна, она достигает 65-70 $^{\circ}\text{C}$. В наиболее погруженных частях

бассейна температура, согласно геотермическому градиенту, достигает 80 $^{\circ}\text{C}$.

Термальные воды верхнего мела Приташкентского артезианского бассейна слабоминерализованные (0,6-1 г/л), гидрокарбонатно-натриевые с несколько повышенным содержанием хлоридов и сульфатов.

В известняках палеозоя вскрыты самоизливающиеся термальные воды хлоридно-натриевого состава с минерализацией до 4 г/л, расходом 20-40 л/сек и температурой на изливе 55 $^{\circ}\text{C}$ (скв. 3-пр, г. Чирчик и 8-пр, пос. Кибрай).

Ферганский артезианский бассейн. Анализ материалов исследований геотермических условий в пределах Ферганского артезианского бассейна показывает неравномерность распределения температур по глубине. Большие значения геотермической ступени отмечены в верхненеогеновых (1,8-2,86 $^{\circ}/100$ м) и меловых (1,54-2,86 $^{\circ}/100$ м) отложениях, представленных преимущественно хорошо проницаемыми

грубообломочными осадками. Нижнеэоценовые и палеогеновые образования, сложенные главным образом мелкообломочными глинистыми и карбонатными породами с относительно низкой водопроницаемостью и теплопроводностью, с высокой минерализацией подземных вод и замедленными условиями водообмена, характеризуются низкими значениями геотермической ступени (2,2-3,45°/100 м). Эти контрасты в изменении геотермических показателей согласуются с особенностями распределения подземных вод по вертикали. В Ферганском артезианском бассейне наиболее перспективны комплексы бактрийской и массагетской толщ неогена и отложений палеогена. Воды бактрийского яруса вскрыты как в равнинной, так и в адырной частях артезианского бассейна. Воды напорные, самоизливающиеся термальные (41-43°C). Воды массагетских отложений в краевых частях бассейна вскрываются на глубине 450-1000 м, а напорные воды этого комплекса имеют температуру 72°C на изливе. Они вскрыты в районе Чартака, близ г. Намангана. Пластовые температуры, рассчитанные по поверхности комплекса экстраполяцией, согласно величине геотермического градиента, изменяются на глубину от 20 до 75°C.

Центрально-Кызылкумская группа артезианских бассейнов. Термальные воды бассейна приурочены к отложениям палеозоя, мела и палеогена. Наиболее перспективны воды верхнего мела, приуроченные к слабосцементированным красноцветным пескам и песчаникам. Залегают они в центральных частях бассейнов на небольших глубинах порядка 300-700 м и, благодаря многочисленным разломам, по которым наблюдается перелив горячих вод, пластовые воды также имеют повышенную температуру 30-50°C.

Зарафшанский артезианский бассейн в отношении термальных вод изучен слабо. Термальные высоконапорные воды вскрыты глубокими скважинами в отложениях бухарского яруса палеогена и верхнего мела. Подземные воды – слабоминерализованные (до 2 г/л), в основном хлоридного натриевого и сульфатно-натриевого типа. Температуры, рассчитанные по поверхности комплекса, изменяются от 22 до 103°C, в зависимости от глубины залегания последнего. С глубиной залегания увеличивается и температура воды фонтанирующих скважин. Так, температура воды Каттакурганской скважины достигает 45°C (глубина 600 м),

а в совхозе Улус – 25,4°C (глубина 142 м). Расходы скважин при самоизливе 17 л/сек.

Сурхандарьинский артезианский бассейн в геотермическом отношении изучен очень слабо. Характеристика глубоких водоносных комплексов приводится на основании расчетов в соответствии с геотермическим градиентом – 2,7°/100 м. Температура подземных вод из отложений алайского яруса в зависимости от глубины его залегания колеблется на изливе от 24,2 до 46°C. В западной и юго-восточной частях бассейна в связи с погружением водоносного горизонта пластовые температуры составляют 100-150°C. В краевых частях бассейна, где верхнемеловые отложения залегают сравнительно неглубоко, формируются воды с температурой 11-18°C. Центральная часть бассейна характеризуется развитием термальных верхнемеловых вод с температурой 37-45°C на изливе. При этом, чем больше дебит скважины, тем выше температура воды. Нижележащие водоносные комплексы не изучены, в связи с чем приведены прогнозные пластовые температуры.

Сырдарьинский артезианский бассейн представляет область неглубокого залегания палеозойских отложений, что наложило отпечаток на формирование термальных вод района. В настоящее время с достаточной достоверностью изучены воды верхнего мела. Температуры напорных вод в зависимости от глубины вскрытия изменяются от 30 до 45°C на устье скважины. Выявленные закономерности изменения величины геотермического градиента позволяют предположить, что непосредственно на линии разломов температура воды верхнемелового водоносного комплекса может достигать 50-60°C, а на контакте с палеозоем – даже 80-90°C.

Бухаро-Каршинский (Амударьинский) артезианский бассейн. Структурное строение бассейна и литологический состав пород благоприятны для образования термальных вод. Первым от поверхности, содержащим термальную воду, является палеоген-сенон-туронский комплекс. В областях питания формируются воды этого комплекса с температурой до 20°C на изливе. Погружаясь на глубину, эти воды становятся термальными. Так, пластовые температуры в районе г. Гиждувана составляют 60°C. Воды юрских отложений распространены повсеместно (см. рис. 2). По мере погружения юрских отложений наблюдается постепен-

ное увеличение температуры подземных вод (на площади Умид специальной гидрогеологической скважиной с глубины 2950 м из отложений верхней юры получена пластовая вода с температурой на изливе 92°C). Максимальный температурный режим (100-150°C) отмечается в юго-восточной части Чарджоуской ступени.

Южно-Приаральский артезианский бассейн. Термальные воды приурочены к отложениям верхнего и нижнего мела и юры. Слабоминерализованные напорные воды верхнемеловых отложений охватывают всю территорию правобережья р. Амударьи от широты горы Султанувайс – Букантау до Аральского моря и далее. Водоносные горизонты меловых отложений, а также зоны, тяготеющей к региональным разломам, содержат термальные минеральные воды со специфическими компонентами. Расчетная температура вод здесь 45-70°C. Верхнемеловые отложения на исследуемой территории – первый комплекс, содержащий термальные воды. Температуры по поверхности юрского водоносного комплекса, согласно экстраполяции геотермического градиента, – 2°C/100 м должны изменяться от 20-50 до 75-100°C. С учетом вышесказанного, необходимо дальнейшее детальное исследование и изучение перспектив возможностей комплексного использования термальных вод в народном хозяйстве.

Современное состояние использования термальных вод. Считаю целесообразным рассмотреть мировой опыт использования термальных вод на примере государств-участников, выполняющих Рамочную классификацию ресурсов ООН (РКООН), разработанной под эгидой Европейской экономической комиссии, целью которой является разработка применимой в международных масштабах системы классификации энергетических и минеральных ресурсов.

Для содействия улучшению глобальной коммуникации в термальном секторе группа экспертов по классификации ресурсов ЕЭК разработала спецификации для применения РКООН к термальным энергетическим ресурсам. В рамках этой программы подготовлены 14 проектов, которые осуществлены в Австралии, Венгрии, Германии, Исландии, Италии, Нидерландах, Новой Зеландии, Российской Федерации и Филиппинах.

Изучив материалы «Рамочной Классификации ресурсов Организации Объединенных Наций (РКООН) к геотермальным энергетическим

ресурсам» (отдельные примеры проектов), пришли к следующему заключению, что основная часть проектов направлена на получение электротепловой энергии или тепла для отопления зданий и сооружений, а также для организации современных тепличных хозяйств из высокотермальных источников [3].

На сегодняшний день термальные минеральные воды на территории Узбекистана используются в основном в бальнеологии. На основе лечебных свойств термоминеральных вод в республике функционируют более 50 санаториев и санаториев-профилакториев, а также более 40 физиотерапевтических лечебниц.

В мировой практике существует ряд технологий комплексного освоения низкопотенциальных гидрогеотермальных ресурсов с использованием теплового и водоресурсного потенциала для различных целей, изучение и внедрение их в отраслях экономики, что актуально для сегодняшнего дня. Разрабатываются новые системы по комплексному использованию в сельском хозяйстве, сфере жилищно-коммунальных хозяйств и т. д. [4].

Большой интерес для развития современного тепличного хозяйства, выращивания кормовых культур и рыбоводства могут представлять геотермальные воды до и после использования их в бальнеологических целях. Это является принципиально новым и прогрессивным методом в развитии промышленности и рациональном использовании термоминеральных вод.

Использование геотермальной воды позволяет существенно расширить возможности аквакультуры и повысить эффективность ее ведения за счет интенсивного выращивания наиболее ценных видов рыб и микроводорослей для корма скота или биомассы для получения биотоплива. Использование теплой воды в осенне-зимний период исключает сезонность выращивания рыб и обеспечивает возможность круглогодичного производства и сбыта продукции.

Общей характерной особенностью термальных вод можно считать отсутствие минимального количества растворенного кислорода, высокое содержание углекислоты и минеральных солей. Однако в процессе заполнения водоемов и их эксплуатации химический состав воды может меняться. В частности, происходит насыщение ее кислородом, снижается содержание углекислоты.

Воду, подвергшуюся биологической очистке, после прохождения через рыбоводные пруды

ды можно подавать на орошение сельскохозяйственных культур.

Для отопления и горячего водоснабжения жилых и производственных зданий необходима температура воды не ниже 50-60°C. Наиболее рациональное использование термальных вод может быть достигнуто при последовательной их эксплуатации: первоначально в отоплении, а затем в других целях.

Охлажденная в теплообменнике до температуры 37-38°C термальная вода может использоваться для бальнеолечения в виде ванн и душа.

В настоящее время существует несколько гидротермальных электростанций, использующих энергию низкопотенциальных гидротермаль-

на более совершенном техническом уровне утилизируются все полезные свойства воды, тем выше ее экономическая эффективность.

Отметим, что в настоящее время в республике эксплуатация большинства месторождений термоминеральных вод ведется на низком уровне. Зачастую после потребителя термоминеральные воды сбрасываются с температурой, достаточно высокой для их использования в отраслях экономики. Чтобы обеспечить их высокую экономическую эффективность, необходимо максимально использовать тепловой и минеральный потенциал, чего можно достигнуть при разработке технологических схем для каждого месторождения термоминеральных вод (рис. 3).

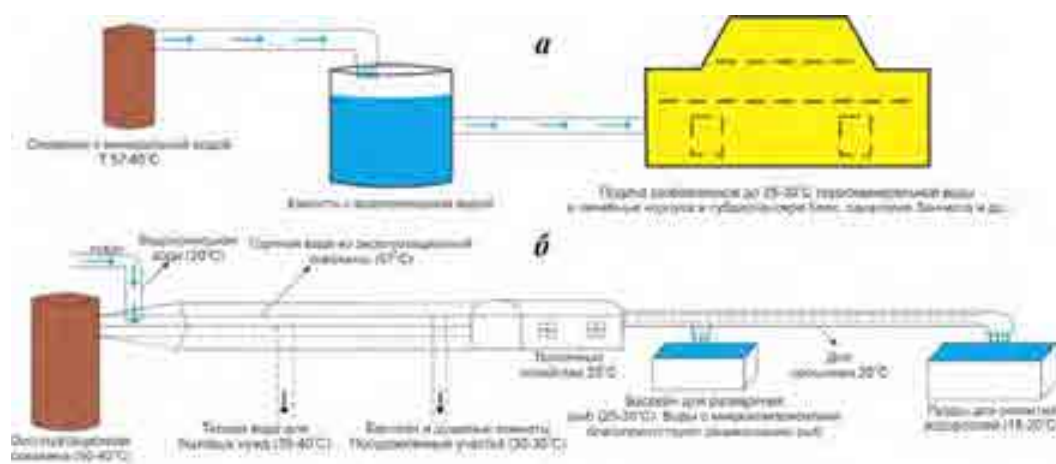


Рис. 3. Принципиальные схемы возможного использования термоминеральных вод: а – в бальнеолечебницах в настоящее время; б – возможного рационального использования тепловой энергии термоминеральных вод в санаториях-профилакториях «Чартак» (54-57°C), «Чаткал» (54°C), «Зангиота» (57°C), «Семург» (58°C), «Умид» (92°C) и др.

ных источников. Температура воды в геотермальных источниках различная – от нескольких десятков до 300°C. Для таких энергетических установок применяют низкокипящие рабочие тела (НРТ), которые имеют достаточно высокое давление насыщенных паров при низких температурах, и поэтому давно привлекают внимание разработчиков в различных областях энергетики и, в частности, в геотермальной энергетике.

Изучая потребительский спрос в республике на термальные воды, рассмотрим их как комплексное полезное ископаемое, которое может быть использовано: 1) для получения электроэнергии; 2) для горячего и теплоснабжения; 3) в лечебных целях; 4) теплое орошение; 5) для выращивания микроводорослей и рыб разного вида.

Зарубежный опыт использования термальных вод показывает, что чем многообразнее и

Вопросы использования термальных вод артезианского бассейна, как и других бассейнов Узбекистана, должны решаться комплексно. Оценка современного потребительского спроса на термальные воды и на перспективу будет решаться на основании изучения принятых правительственных решений по развитию промышленности, энергетики, сферы туризма, сельского и фермерского хозяйства, санаторно-курортных учреждений в регионах. Также в целях дальнейшего развития предпринимательства (создание современных тепличных хозяйств, развития аквакультуры (рыбная отрасль) и др.) будет оценена экономическая целесообразность использования термальных вод.

Таким образом, оценка современного потребительского спроса в республике на термальные воды и на перспективу будет решаться по следующим направлениям:

1. Возобновляемые источники энергии (постановление Президента РУз от 26.05.2017 г. № ПП-3012 «О программе мер по дальнейшему развитию возобновляемой энергетики, повышению энергоэффективности в отраслях экономики и социальной сфере на 2017-2021 гг.»).

а) при выработке рекомендаций по использованию теплоэнергетического потенциала подземных вод будет принята во внимание удаленность теплоэнергетического источника от промышленных объектов и населенных пунктов. Немаловажное значение при оценке теплоэнергетического потенциала имеет химический состав подземных вод, так как использование подземных вод с высокой температурой (свыше 80-100°C), но с минерализацией от 30 до 50 г/л и выше может создать технические проблемы, связанные с закупориванием теплопроводящих труб;

б) возможность использования термальных вод для выработки энергии путем использования электростанций малой (до 50 кВт/час) мощности. Для этого потребуются провести патентные исследования по изучению опыта создания подобных станций, технологических схем их создания, а также требования к химическому составу вод.

2. Развитие аквакультуры (постановление Президента РУз от 01.05.2017 г. № ПП-2939 «О мерах по совершенствованию системы управления рыбной отраслью»). Документом определены основные задачи и направления деятельности ассоциации «Узбекбаликсаноат» с созданием в регионах территориальных подразделений ООО «Баликсаноат». Основная цель создаваемой структуры – развитие аквакультуры и увеличение объемов выращивания рыбы, в т. ч. интенсивным способом.

3. Создание современных теплично-парниковых хозяйств в регионах республики (постановление Президента РУз от 10.07.2018 г. «О мерах по созданию свободной экономиче-

ской зоны «Бухоро-агро»). В целях формирования благоприятных условий по привлечению иностранных и отечественных инвестиций для создания современных тепличных хозяйств, обеспечивающих выращивание конкурентоспособной продукции с высокой добавленной стоимостью, востребованной на внешних рынках, а также комплексного и эффективного использования производственного и ресурсного потенциала Бухарской области, организации на этой основе новых рабочих мест и повышения доходов населения создана свободная экономическая зона «Бухоро-агро».

4. Возможность использования термальных вод в оздоровительном туризме. В целях развития оздоровительного туризма в регионах предусматривается анализ и оценка химического состава термальных вод с целью определения и наличия в них ценных компонентов (биологически активных элементов), оказывающих благоприятное воздействие на организм человека, что позволит использовать их в бальнеолечении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаренко Ф.А., Маврицкий Б.Ф. и др. Термальные воды СССР и вопросы их теплоэнергетического использования. - М.: Изд-во АН СССР, 1963.
2. Изучение и использование глубинного тепла Земли / Под ред. Ф.А.Макаренко. - М.: Наука, 1979.
3. Применение Рамочной классификации ресурсов Организации Объединенных Наций (РКООН) к геотермальным энергетическим ресурсам. Серия публикации по энергетике. - Нью-Йорк, Женева, 2017. - № 51.
4. Инструкция по комплексному использованию термальных вод для теплоохладоснабжения зданий и сооружений. ВСН 36-37. - М., 1978.

Статья представлена членом редколлегии докт. г.-м. наук А.А.Мавлоновым.