

РОЛЬ ТЕХНОЛОГИИ В ПРЕДОТВРАЩЕНИИ ПРОЦЕССОВ ОПУСТЫНИВАНИЯ В ИЗРАИЛЕ

Орловский Николай Сергеевич,

д-р геогр. наук,

Центр изучения пустынь им. Блауштейна,

e-mail: nicoloi @bgn.ac.il,

Университет Неgev им. Бен-Гуриона, Израиль,

Зонн Игорь Сергеевич,

д-р геогр. наук,

Всероссийский научно-исследовательский институт

гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, г. Москва,

научный сотрудник лаборатории комплексных исследований водных ресурсов,

e-mail: izonn@miiv.ru,

Московский университет имени С.Ю. Витте, г. Москва

Израиль, который на 97 % состоит из засушливых земель, был одной из первых стран, приступивших к решению проблемы опустынивания. Меры по борьбе с опустыниванием были начаты на ранней стадии развития страны и усилились до сегодняшнего дня. Профилактика процессов опустынивания основана на рациональном использовании почвенных и водных ресурсов, агролесоводстве на базе временного поверхностного стока, контролируемой среде пустынного земледелия (тепличном земледелии), органическом земледелии, контроле за выпасом скота. Устойчивость сельского хозяйства в засушливых районах Израиля и его относительный успех в предотвращении опустынивания зависят от водной политики. Около 90 % ресурсов пресной воды в Израиле объединены в единую систему, которая обеспечивает реализацию единой национальной политики получения воды и регулярного снабжения различных секторов потребителей (сельское хозяйство, бытовая и промышленная деятельность). Дефицит воды и ухудшение качества водных ресурсов диктуют необходимость повышения эффективности и экономии воды в Израиле. В сельскохозяйственном секторе существенная экономия водных ресурсов была достигнута благодаря технологическим усовершенствованиям способов орошения, включая дождевание, капельное орошение, повторное использование пресной воды, очистку сточных и опреснение соленых подземных и морских вод, что позволило значительно снизить риск опустынивания. Стратегическое планирование и политика по борьбе с опустыниванием, кроме улучшения устойчивого управления водными ресурсами и устойчивого развития сельского хозяйства в уязвимых регионах на основе активных программ борьбы с эрозией, регулирования кочевого выпаса скота и продвижения водосберегающих и солеустойчивых культур, предусматривает управление пастбищами, облесение и расширение охраняемых территорий.

Ключевые слова: сельское хозяйство, водные ресурсы теплицы, облесение, Израиль, климат, опустынивание

TECHNOLOGIES APPLIED TO PREVENT DERARTIFICATION PROCESSES IN ISRAEL

Orlovskiy N.S.,

doctor of geographic sciences,

Blaustein Institute for Desert Research,

e-mail: nicoloi @bgn.ac.il,

Ben-Gurion University of the Negev, Israel,

Zonn I.S.,
doctor of geographic sciences,
Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering
and Melioration them. A.N. Kostyakova,
Scientific employee of the Laboratory of Comprehensive Water Resources Research,
e-mail: izonn@muiv.ru,
Moscow Witte University, Moscow

Israel, which is 97 per cent dryland, was one of the first countries to tackle desertification. Measures to combat desertification were initiated at an early stage of the country's development and have been strengthened to date. Prevention of desertification is based on the rational use of soil and water resources, agroforestry on the basis of temporary surface runoff, controlled environment of desert agriculture (greenhouse agriculture), organic farming, control of grazing. The sustainability of agriculture in Israel's drylands and its relative success in preventing desertification depended on water policies. About 90% of fresh water resources in Israel are combined into a single system, which ensures the implementation of a single national policy of obtaining water and regular supply of various sectors of consumers (agriculture, household and industrial activities). Water scarcity and deteriorating water quality dictate the need to improve water efficiency and economy in Israel. In the agricultural sector, significant water savings have been achieved through technological improvements in irrigation methods, including sprinkling, drip irrigation, reuse of fresh water, wastewater treatment and desalination of saline groundwater and sea water, significantly reducing the risk of desertification. Strategic planning and policy to combat desertification in addition to improving sustainable water management and sustainable agricultural development in vulnerable regions through active erosion control programs, regulation of nomadic grazing, and promotion of water-saving and salt-tolerant crops, provides for pasture management, afforestation, and expansion of protected areas.

Keywords: agriculture, greenhouse water resources, afforestation, Israel, climate, desertification

DOI 10.21777/2587-554X-2019-3-48-66

Введение

Государство Израиль расположено на юго-западной оконечности Азиатского континента, на восточном побережье Средиземного моря. Его общая площадь составляет 22 072 км² и вытянута с севера на юг на 470 км и около 135 км с востока на запад в самой широкой точке [34]. Средиземноморская страна географически расположена на перекрестке трех биогеографических регионов – средиземноморском, ирано-туранском и сахаро-аравийском. Южная часть страны соединяется с Сахаро-Аравийским поясом пустыни. Центральная часть является продолжением иранско-туранского региона, а север Израиля граничит со средиземноморским регионом.

Климатической особенностью, общей для всех трех биогеографических секторов Израиля, является короткая прохладная дождливая зима и длинное жаркое сухое лето. Несмотря на очень маленький размер территории, уникальное географическое расположение Израиля вызывает богатое климатическое разнообразие. Постепенно, но резко уменьшается количество осадков (700–30 мм) и увеличивается потенциальное суммарное испарение (1200–2800 мм) с севера на юг, а также уменьшается высота. Экоклиматический градиент запад-восток накладывается на градиент высот – 1200 м над уровнем моря до 400 м ниже уровня моря. Одной из основных характеристик является высокая изменчивость количества осадков от года к году и между различными районами. Только на 14 % площади выпадает осадков более 600 мм в год, на 18 % – от 400 до 600 и 34 % территории получает менее 100 мм/год осадков [2].

Продолжительное, жаркое и сухое лето, пространственная изменчивость осадков и потенциальное суммарное испарение делают Израиль страной, где представлены все виды засушливых земель, сопровождающихся угрозами деградации и опустынивания [26]. Приблизительно 97 % израильской

территории являются сухими полувлажными, полузасушливыми, засушливыми и сверхзасушливыми. Сухие полувлажные районы имеют восточно-средиземноморский экоклиматический характер; полузасушливые – сильный азиатский биотический компонент, засушливые – смесь средиземноморской, азиатской и африканской пустынной биоты, а сверхзасушливые районы относятся к Сахаро-Аравийской пустыне. Около 60 % территории страны (12.5 тыс. км²) покрыто пустыней Негев, которая состоит из трех типов засушливых земель – сверхзасушливых, засушливых и полузасушливых. Это небольшая пустыня по мировым стандартам, но ее пустые пространства являются важными для устойчивого развития. Полузасушливый северный Негев со средним годовым количеством осадков 200–350 мм поддерживает пастбища, богарную озимую пшеницу, иногда дополняемую орошением. Засушливое высокогорье Негев с осадками до 200 мм характеризуется обширными бесплодными территориями, некоторыми орошаемыми и пастбищными угодьями.

Сверхзасушливая южная часть Негева и рифтовая долина Арава, где выпадает до 50 мм осадков, в основном бесплодна, с некоторым орошаемым земледелием и широко развитым тепличным хозяйством. В Израиле чувствительность к опустыниванию увеличивается с засушливостью, тогда как подверженность воздействию человека снижается с засушливостью [22].

С момента создания Израиля интенсивная программа исследований и разработок в сочетании с проектами по переселению превратила большие районы Негева и Аравы в жизненно важные производственные районы, способствуя прогрессу и благосостоянию всей нации. Уникальные характеристики делают пустыню Негев пригодной для выращивания внесезонных культур, а также для туризма, пеших прогулок и пастбищных угодий. Сейчас здесь живет около 14 % жителей страны. 33 и 36 % территории Негева переданы соответственно под военные учебные полигоны и природоохранным ведомствам, 10 % территории используется под богарные и пастбищные угодья, и только 6 % земель орошаются. 3, 2 и 1 % земли используются соответственно под городские застройки (включая дороги), благоустройство ландшафта и добычу полезных ископаемых [31].

За последние несколько лет Израиль принял ряд мер, которые позволили активизировать усилия по решению проблем опустынивания. Большинство из этих мероприятий были частью стратегий или политики планирования, охраны окружающей среды и развития сельского хозяйства в целях устойчивого использования природных ресурсов. Политика Израиля по борьбе с опустыниванием в значительной степени основана на устойчивом развитии сельского хозяйства посредством централизованного управления водными ресурсами на национальном уровне, контроля за выпасом скота и облесением [4; 6; 7]. Осуществление этих мероприятий вносит значительный вклад в предпринимаемые Израилем меры по снижению эрозии, повышению продуктивности земель в полузасушливых и засушливых районах, обеспечению урожайности в целом в сельском хозяйстве и содействию усилиям по облесению по всей стране.

Важным направлением восстановления засушливых районов является подача дополнительной воды и более эффективное использование уже имеющихся запасов. По сути, это основная политика, которая направила Израиль на то, чтобы продуктивно использовать засушливые районы. Эта задача была предпринята как совместные усилия, объединяющие технологические средства с социальными и экономическими методами, и за последние более 30 лет были достигнуты значительные результаты.

Пустынное сельское хозяйство в Израиле является одним из самых крупных успехов страны. Пустыня Негев за прошедшее столетие фактически сократилась в размерах, поскольку сельскохозяйственная деятельность превратила засушливые земли в зеленые поля, что противоположно тенденции опустынивания, с которой борется большая часть стран, расположенных на засушливых территориях.

Основные реализованные программы в:

- засушливых и сверхзасушливых землях – борьба с паводками, сбор временного поверхностного стока, очистка сточных вод и повторное использование очищенных сточных вод для орошения сельскохозяйственных культур; управление естественной растительностью и применяемыми сельскохозяйственными культурами, включая такие методы, как засухо- и солеустойчивые культуры и тепличное земледелие;

- полузасушливых землях – борьба с перевыпасом и облесение для предотвращения эрозии почвы, восстановление подпитки водоносного горизонта, развитие рыбоводства на базе минерализован-

ных подземных вод, а также создание садов, орошаемых очищенными сточными водами, транспортируемыми из густонаселенных районов страны;

– сухих полувлажных землях – восстановление засоленных сельскохозяйственных земель и управление водными ресурсами для предотвращения деградации земель [37].

Водные ресурсы – основной фактор восстановления деградации засушливых экосистем

Израильтяне учатся жить в пустыне и вместе с ней, а не эксплуатировать ее до степени неустойчивости. Первое и самое важное соображение – это вода.

За счет атмосферных осадков, объем которых изменяется от 3.1 млрд м³ в засушливые годы (сезон 1998/99) до 11.31 млрд м³ в водообильные годы (сезон 1991/92), формируются возобновляемые водные ресурсы (ВВР) страны [7]. Средний объем выпадающих осадков за последние 20 лет составил 6.231 млрд м³ [4]. Из этого количества 60–70 % испаряется вскоре после выпадения дождя, не менее 5 % по руслам рек стекает в море (в основном зимой), 25 % проникает в грунты, местами скапливаясь над пластами водонепроницаемых глин и мергеля, а затем часть их в виде подземных вод направляется к Средиземному морю или к Иорданской впадине, порой пробиваясь на поверхность в виде родников или ключей.

Уровень ВВР Израиля в середине XX века оценивался около 3.1 млрд м³/год. Анализ данных за период с 1976 по 2009 год показал [38] две особенности ВВР Израиля: высокие временные колебания и тенденцию к снижению. Тенденция к снижению в среднем составила 8.92 млн м³/год, что может быть результатом климатических изменений, а временные колебания пресных ВВР за этот период были в пределах от 4 млрд м³ до 900 мсм при средней величине 1 547 мсм/год. Однако, с 1993 года в связи с климатическими колебаниями и увеличением повторяемости и интенсивности засух на территории Израиля, доступные водные ресурсы пресной воды систематически уменьшались и за период 1995–2016 годов составили в среднем 1180 мкм [24]. Около 80 % потенциала воды сосредоточено в северной части страны и только 20 % – на юге.

Около двух третей годового потенциала пресной воды в Израиле получают из трех основных источников: озера Кинерет, прибрежного водоносного горизонта и внутреннего горного водоносного горизонта. Озеро Кинерет, единственное естественное поверхностное водохранилище в Израиле, имеет среднегодовой объем доступной воды примерно 370 мкм, что обеспечивает одну треть потребностей страны в воде [4]. Израиль шестой год подряд испытывает экстремальные засухи, что вызвало постоянное уменьшение уровня воды в озере от года к году [3]. В результате уровень водного зеркала озера по данным на 20 января 2018 года находился на 0.67 м выше исторического минимума уровня воды, когда-либо измеренного. Поэтому Управление водными ресурсами за последние пять лет не перекачивало воду из озера. Ожидается, что величина, интенсивность и продолжительность засух будут увеличиваться в будущем [22]. Глобальное потепление может привести к сокращению притока воды в озеро со средней скоростью 3 мкм в год и увеличить на 0.4 мкм в год испарение с водной поверхности озера [31].

Большую часть пресной воды (37 % водоснабжения Израиля в 2011 г.) в Израиле получают из двух крупных подземных источников – прибрежного и горного. Вода в них частично восполняется за счет осадков, но также и искусственно – за счет захвата и перенаправления паводковых вод и закачки предварительно отфильтрованных и обеззараженных сточных вод. Искусственное пополнение касается прежде всего прибрежного горизонта.

Общий безопасный уровень горного водоносного горизонта составляет около 670 мкм, а общий прибрежный водоносный горизонт – около 250 мкм. Остальная часть в равной степени состоит из небольших водоносных горизонтов, особенно в Западной Галилее (132 мкм) и регионе Арава/Негев (33 мкм), а также из оборотной и солоноватой воды (240 мкм) [38]. Эти источники зависят главным образом от ежегодного восполнения атмосферными осадками.

Израиль потребляет больше воды, чем ВВР, которые в основном обеспечиваются атмосферными осадками. Если в 1980 году дефицит воды составлял 128 мкм, то к 2015 году он, по данным Гидрологической службы, составил около 1000 мкм, что соответствует половине годового водопотребления

страны [8]. Хроническая нехватка воды в течение многих лет вызван как объективными, так и субъективными причинами. Израиль пережил подряд несколько длительных периодов засухи. Рост спроса на воду для коммунально-бытового водоснабжения, вызванный ростом численности населения и повышением уровня жизни и необходимостью осуществления водоснабжения в соответствии с международными договорными обязательствами, привел к чрезмерному использованию возобновляемых водных источников страны. Таким образом, существует не только растущая необходимость в повышении эффективности сохранения и использования ограниченных водных ресурсов, но и поиск дополнительных источников [30].

Хронический дефицит водных ресурсов в Израиле вызвал в дополнение к поверхностным и подземным водам необходимость использования маргинальных источников воды. К ним относятся очистка сточных вод, аккумулярование поверхностных стоков, использование солоноватой, геотермальной и морской воды.

Дефицит воды и загрязнение Средиземного моря в Израиле послужили основными движущими силами развития, адаптации и внедрения очистки и повторного использования сточных вод. Повторное использование сточных вод является важным источником воды для сельского хозяйства в Израиле. Из 530 мкм/год произведенных сточных вод очищается 476 мкм/год (93 %) и 410 мкм/год (86 %) повторно используется при орошении [19]. Качество этой воды после трехкратной очистки соответствует принятым стандартам, и она пригодна для неограниченного использования в выращивании любых сельскохозяйственных культур и полива общественных мест без каких-либо санитарных ограничений.

Ожидается, что в конечном итоге очищенные сточные воды станут основным источником удовлетворения потребностей сельского хозяйства. Уже сейчас объемы очищенных сточных вод превысили объемы вод, выкачиваемых из Кинерета (370 мкм/год против 410 мкм). Израиль стремится увеличить вдвое количество сточных вод, производимых для сельскохозяйственного сектора, к 2050 году [30]. Таким образом, свежая пресная вода сохранится для бытового потребления. Замена использования пресной воды очищенными сточными водами помогает учитывать межгодовую и межсезонную изменчивость, а также повышает устойчивость к изменению климата.

Израиль уже использует около 170 мкм/год солоноватых грунтовых вод в год для сельскохозяйственных и промышленных целей. Технически, солоноватая вода содержит от 0,5 до 30 г/л соли [6]. Потенциал солоноватых грунтовых вод на севере Израиля составляет около 230 мкм; на юге он намного выше и составляет 1 млрд м³. Эта вода используется непосредственно промышленными предприятиями и в сельском хозяйстве для рыборазводных прудов и орошения.

Солоноватая вода может быть опреснена. В Израиле за последние несколько десятилетий было построено около 40 опреснительных установок, используемых для водоснабжения и исследовательских целей. Около 29 малых заводов в южных районах страны производят 25 мкм/год опресненной воды.

В качестве пополнения водных ресурсов в Израиле рассматриваются и термальные воды, большие запасы которых находятся в пустыне Негев и используются они многократно. После выращивания в термальных водах креветок и мальков рыбы вода подается в пруд для разведения рыб. Обогащенная минералами вода из пруда используется для орошения кормовых растений, садовых культур и выращивания в теплицах цветов или овощей.

С начала 1950-х годов ведутся работы по задержанию паводковых вод. Осуществлено устройство запруд в руслах вади и в оврагах, по которым зимой воды стекали в море или в Иорданскую впадину, сооружение плотин и водохранилищ. Всего в стране построено более 2000 малых и средних водохранилищ объемом от 0,2 до 8 млн м³ [2], а также 250 водохранилищ более крупного размера, созданных Еврейским национальным фондом (ЕНФ), общим объемом более 150 мкм [4]. Поскольку каждое водохранилище, как правило, имеет два цикла наполнения, то они обеспечивают в среднем 270 мкм/год воды для сельского хозяйства в Израиле ежегодно. Они используются как дополнительные источники поверхностных ресурсов или как специальные наливные емкости в легко проницаемых геологических структурах для инфильтрации воды в подземные водоносные горизонты с целью более интенсивного пополнения подземных вод в дождливый период. Водоохранилища, построенные ЕНФ, обеспечивают 66 % от всего объема очищенных сточных вод для сельского хозяйства и примерно 30 % от суммарного объема воды, потребляемой в сельском хозяйстве [10].

Для удовлетворения растущих потребностей в условиях ограниченных водных ресурсов и смягчения условий засухи, характерных для большинства лет, израильское правительство инициировало в 1999 году долгосрочную крупномасштабную программу опреснения морской воды для производства питьевой для внутреннего потребления. В настоящее время существует пять опреснительных установок, расположенных на побережье Средиземного моря. Все установки обеспечивают около 600 мкм/год опресненной воды, что эквивалентно примерно 42 % потребностей страны в питьевой воде [2]. Планируется, что поставки опресненной морской воды к 2020 году увеличатся на 25 % до 750 мкм, что составляет треть от общего спроса на воду. Увеличение к 2050 году объема опресненной морской воды до 1500 мкм позволит решить в государственном масштабе проблему нехватки воды и вывести страну из водного кризиса, снизить климатическую зависимость и сохранить озеро Кинерет [33].

Управление ограниченными водными ресурсами и их использование

Как уже отмечалось ранее, 80 % водных ресурсов страны сосредоточены на севере и только 20 % – на юге. Поэтому израильские специалисты в области орошения сформулировали основные принципы развития системы водоснабжения. Во-первых, система водоснабжения должна учитывать местные природные и климатические условия и, в первую очередь, стремиться к устранению различий между районами с достаточными запасами воды и засушливыми областями, страдающими от ее дефицита. Она должна обеспечить надежную компенсацию отсутствия осадков в летний сухой сезон. Избыточная вода рек, ручьев и источников должна собираться в резервуарах, а также подземных и искусственных водохранилищах с целью ее последующей подачи в систему водоснабжения с учетом потребления. Во-вторых, транспортировка воды по трубам должна осуществляться под давлением. Такой метод, хотя и требует значительных финансовых затрат, позволяет преодолеть сложности топографического рельефа и свести к минимуму потери воды. Он гарантирует сбалансированное и «справедливое» распределение воды между потребителями. В-третьих, планирование должно быть комплексным. Иными словами, проекты водоснабжения должны учитывать рост численности населения, а также развитие сельскохозяйственного производства, особенно в Негеве и на юге страны.

Чтобы преодолеть региональные диспропорции в доступности воды, большинство источников пресной воды в стране были объединены в Национальный Всеизраильский водовод, интегрированную сеть насосных станций, водохранилищ, каналов и трубопроводов, которая передает воду с севера, где находится большинство источников, в сельскохозяйственные районы засушливого юга.

В 1956 году был дан старт реализации планов израильского правительства по созданию водопровода, и в 1964 году система водоснабжения заработала в полную силу. Всеизраильский водопровод (ВИВ) является самым большим объектом системы водоснабжения и включает трубопровод диаметром 2,74 м, насосные станции, резервуары, открытые каналы и туннели. Общая длина магистральных каналов и трубопроводов – около 130 км. Пропускная способность – 72 тыс. м³/час, суммарная мощность 400 мкм/год [2].

Изначально вода из озера Кинерет подается на насосную станцию на 257 м вверх и через туннель – в оперативное водохранилище. В дальнейшем ее поднимают еще на 115 м до отметки 157 м выше у. м., где она самотеком поступает в открытый канал и в водоподготовительные резервуары, оснащенные системами механической, химической и биологической очистки. С 2008 года функционирует фильтрационная установка, четвертая по величине в мире (500 мкм в год), для дальнейшего очищения воды перед подачей ее в закрытый трубопровод. Он транспортирует воду на 86 км на юг страны, где от главной магистрали ВИВ отходят многочисленные боковые ветки для водоснабжения городов, в том числе и Палестинской автономии. Помимо вод Кинерета, ВИВ питают еще горный и приморский водоносные горизонты. Сеть имеет более 12 000 км водопроводных труб, 1050 скваженных колодцев, 13 станций очистки сточных вод. ВИВ поставляет 70 % общего объема водопотребления, в том числе 80 % питьевой воды. Эксплуатацией и развитием ВИВ занимается государственный гидростроительный инженерный концерн «Мекорот», в также коллективные водные ассоциации, поставляющие альтернативные источники водных ресурсов в основном сельскохозяйственным потребителям.

Созданная система подачи воды в стране является абсолютно уникальной, примером инженерной техники высокого уровня и комплексного, интегрального управления водой. Мекорот объединил все источники воды в стране: водовод из озера Кинерет, все скважины, воду реки Яркон, местные источники с густой сетью трубопроводов различного назначения, воды Кинерета, прибрежного и горного водоносных горизонтов, опресненных вод. Эта система имеет в своем составе лишь один открытый канал с облицовкой длиной 24 км. Но этим уникальность системы не ограничивается – она полностью автоматизирована и оборудована системой постоянного мониторинга транспорта и распределения воды. Созданная система управления водными ресурсами является ключом к успеху Израиля в сельском хозяйстве в засушливых, полузасушливых и сухих полувлажных зонах [26].

Общее потребление воды в 2013 году составило 2187.1 мкм [4] и превысило естественное водоснабжение примерно на 45 %. Этот дефицит компенсируется альтернативными источниками воды. Основными потребителями воды являются сельское хозяйство, бытовая и промышленная сфера.

Сельскохозяйственный сектор является крупнейшим водопользователем (около 58 %), потребляющим около 1205 мкм воды в 2016 году (таблица 1). Однако большая часть этой воды является солоноватой или опресненной (62 %), а около 38 % – пресной водой. На внутреннее водопользование, которое включает воду для приготовления пищи, принятия душа, уборки, приходится 35 % (733 мкм) использованной воды. Объем промышленного использования воды оценивается примерно в 7 % в 2016 году.

Таблица 1 – Использование водных ресурсов Израиля в 2016 году

	Сельское хозяйство			Коммунальное хозяйство			Промышленность			Итого
	П	М	Всего	П	М	Всего	П	М	Всего	
МКМ	501	751	1252	792.8	16.2	809	80.6	43.4	124	2346
%*	40	60	–	98	2	–	66	34	–	
**			53			34			5	

**% отношение внутри сектора пресной (П) и очищенных сточных и опресненных (М) вод;*
***% от общего водопотребления.*

За 10 лет потребление воды в Израиле увеличилось на 18 % – с 1860 мкм в 2003 году до 2187 мкм в 2013 году. Ожидается, что общее потребление воды увеличится на 31 % до 2600 мкм к 2020 году и далее на 35 % до 3500 мкм к 2050 году [25]. Вместе с тем ожидается, что к 2050 году доступность естественных водных ресурсов снизится на 15 % на фоне изменения климата [22]. При этом употребление пресной природной воды уменьшится от 56 % в 2010 году до 29 % к 2050 году, в то же время объем очищенных сточных вод возрастет с 21 до 26 %, а опресненных вод – с 14 до 42 %. Использование солоноватых вод уменьшится с 8 % в 2010 году до 4 % к 2050 году.

Большая часть современного и будущего потребления воды в Израиле сосредоточена на сельскохозяйственном и бытовом секторах. В сельскохозяйственном секторе изменяется структура водопользования. Использование естественной воды в сельском хозяйстве сократилось за 15 лет на 54 % – с 892.3 мкм в 1996 году до 413.7 мкм в 2011 году. В то же время объем очищенной воды увеличился с 270 мкм в 1996 году до 414.8 мкм в 2011 году. В общем использование альтернативных вод увеличилось за этот период в сельском хозяйстве до 60 % и эта тенденция, замена естественной воды на альтернативные воды, будет продолжаться (таблица 2). Использование слабо минерализованных вод в сельском хозяйстве уменьшится к 2050 году на 70 % и составит в общем водопотреблении 7 %. Таким образом, запасы пресных вод могут быть сохранены для растущего внутреннего сектора при сохранении объема сельскохозяйственных культур, которые в настоящее время выращиваются на засушливых землях Израиля.

Таблица 2 – Современное и будущее водопотребление в сельском хозяйстве по типам воды

Год	Общая питьевая вода, %	Очищенные сточные воды, %	Солоноватая вода, %	Итого	
				%	МКМ
2000	67	24	9	100	1089
2010	48	38	14	100	1045
2015	45	43	12	100	1083

2020	42	47	11	100	1138
2025	39	51	10	100	1156
2050	26	67	7	100	1450

Источник: Israel Water Authority, 2015.

Израильское сельское хозяйство сохранило свою производительность, имея дело с ограниченными водными ресурсами. В течение первых 60 лет, когда сельскохозяйственное производство увеличилось в шестнадцать раз, потребление воды не увеличилось. В сельском хозяйстве исторически использовалось около 70 % водоснабжения, но этот процент снижался с середины 1980-х годов и снизился до 58 % сегодня (1205 мкм в 2013 г.). В то же время общая стоимость сельскохозяйственной продукции продолжает расти.

Общее потребление воды в Израиле увеличилось за 60 лет на 60 %, в сельском хозяйстве лишь на 10 %, а в промышленности в пределах 1–2 %. Увеличение использования воды за этот период обусловлено ростом численности населения с 2 млн человек в 1958 году до 8.4 млн в 2017 году [9].

В 2003 году в законе о воде в список законных получателей пресной воды были добавлены экологические потребности природы. На восстановление водных источников (рек, водоемов, подземных вод) выделяется в настоящее время от 10 до 50 мкм/год пресной воды, а к 2050 году на восстановление природных водоемов и ландшафтов предусмотрено до 280 МКМ пресной воды. Восстановление израильских рек уже становится реальностью [35].

За двенадцать лет после создания государства в 1948 году площадь обрабатываемых земель увеличилась с 160 000 до 400 000 га – примерно пятая часть территории Израиля (таблица 3). После этого их рост замедлился, стабилизировав 440 000 га в начале 1980-х годов, в то же время несколько переместившись из центрального Израиля в периферийные районы. Площадь орошаемых земель увеличилась с 1948 года в 7 раз с 30 000 до 192 100 га к 2000 году, а затем несколько уменьшилась и стабилизировалась в пределах 150–160 тыс. га [23].

Таблица 3 – Использование земельных и водных ресурсов для сельскохозяйственного производства, 2011 г.

	1949	1970	1998	2001	2004	2006	2011	2016
Площадь обрабатываемых земель, тыс. га	165	411	410	384	380	300	283	295
Орошаемые площади, тыс. га	30	172	194	188	225	152	165	170
Водопотребление, мкм	257	1,340	1,365	1,022	1,129	1,108	1,189	1252
Пресная вода, мкм			918	563	566	519	509	501
Рециркуляционная и солоноватая вода, солоноватая вода, мкм			367	411	512	544	680	751

Источник: Agriculture in Israel, 2016.

Устойчивое развитие сельского хозяйства как способ борьбы с опустыниванием

Нехватка воды является самым серьезным препятствием для израильских фермеров. Этот недостаток влияет на сельское хозяйство двумя способами: во-первых, ограничивая количество обрабатываемой земли, и, во-вторых, побуждая фермеров использовать землю и воду как можно более эффективно.

Благодаря внедрению ресурсосберегающих эффективных технологий государство Израиль имеет возможность сокращать процессы опустынивания при освоении засушливых земель [32]. Был принят общенациональный многолетний план устойчивого развития сельского хозяйства, который сочетает экологические проблемы и развитие сельских районов с продолжающейся сельскохозяйственной деятельностью и управлением земельно-водными ресурсами.

В сельскохозяйственном секторе существенные сбережения были достигнуты через технологические усовершенствования методов ирригации, включающих дождевание, капельное орошение с компьютеризированными и автоматизированными системами управления, а также повторного использования пресной воды и переработки сточных вод.

Сегодня сельское хозяйство Израиля характеризуется высоким технологическим уровнем и основано на системах микроорошения (капельное, мини-дождевальное и подземное орошение), компьютеризации и дистанционного управления ирригацией, а также высококачественных семенах и соле-, засухоустойчивых растениях.

Эффективное использование воды в решающей степени зависит от передовых ирригационных технологий и нигде в большей степени, чем в сельском хозяйстве на засушливых землях. Еще около 70 лет назад посевы в Израиле орошались поверхностным (паводковым и бороздковым) поливом. Поверхностное орошение возможно только при ровном грунте, а тип почвы обеспечивает медленную или умеренную фильтрацию воды. В засушливых условиях поверхностные методы полива приводят к сильной потере воды в результате испарения и просачивания за пределы развитой корневой системы, особенно на стадии прорастания и раннего развития; кроме того, между сеансами полива растения подвергаются стрессу. Другим негативным аспектом поверхностного орошения в засушливых и полувасушливых условиях является процесс вторичного засоления почв.

Дождевание, введенное в Израиле с середины 1960-х годов, внесло большой вклад в модернизацию сельского хозяйства и повышение эффективности использования воды. Однако, с точки зрения сельского хозяйства в засушливых и полувасушливых регионах, наиболее важным стало внедрение капельного орошения. Капельное орошение было разработано в Израиле и внедрено в израильское сельское хозяйство менее 50 лет назад. В настоящее время более 140 000 гектаров орошаемых земель в Израиле используют капельное орошение [34]. Капельное орошение имеет много преимуществ по сравнению с другими методами орошения и учитывает время суток, свойства почвы, частоту посадки, уклон поля.

Оно является наиболее эффективным способом полива, когда речь идет об экономии воды, поскольку капельницы выделяют воду непосредственно в почву, прилегающую к корневой системе, которая сразу же ее поглощает при минимальном испарении, что особенно важно в аридных условиях. При орошении дождеванием или поверхностными методами испарение усиливается ветрами, а при капельном орошении воздействие ветра минимально. Кроме того, капельное орошение позволяет совместить полив с подачей удобрений, предварительно растворенных в поливной воде. При этом количество и периодичность подачи воды регулируется в соответствии с потребностями растений. Вода поступает ко всем растениям равномерно и в одинаковом количестве. И именно столько, сколько нужно растению, без ненужных затоплений почвы и потерь воды. При этом снижаются громадные потери воды из-за испарения во время транспортировки воды по оросительным каналам до растений на полях.

Капельное орошение позволяет поддерживать влажность корнеобитаемого слоя во время всего вегетационного периода на оптимальном уровне без значительных ее колебаний, характерных для всех других способов орошения. При капельном орошении увлажнение почвы осуществляется капиллярным путем. За счет этого сохраняются оптимальные водно-физические свойства почвы и устраняются потери влаги за счет поверхностного стока и инфильтрации в глубину.

Капельное орошение не требует строительства дренажа, подземные воды и соли не поднимаются, структура грунта сохраняется, что предотвращает вторичное засоление почв. Такое орошение дает возможность выращивать растения на умеренно-засоленных почвах, применять для полива слабосоленую воду. При капельном орошении происходит интенсивное выщелачивание солей вблизи капельниц. Накопление солей по краям не оказывает слишком сильного воздействия на развитие растений. Вода и питательные вещества поглощаются частью корневой системы из выщелоченных зон почвы.

Применение капельного орошения на склонах или участках со сложной топографией не создает каких-либо угроз их эродирования.

При капельном орошении междурядья остаются свободными от влаги, что позволяет осуществлять агротехнические мероприятия в любое время, независимо от проведения орошения.

Подводя итог, можно сказать, что эффективность использования воды при капельном орошении составляет около 95 %, в то время как при поверхностном орошении около 45 % и 75 % при дождевании. Поэтому широкое внедрение капельного орошения в Израиле позволило снизить среднее водопотребление на гектар с 8600 м³/год в 1955 году до 5700 м³/год в 1995 году, в то время как урожайность на единицу воды увеличилась более чем вдвое, от 1,2 до 2,5 кг/м³ [33].

Самое последнее достижение технологии полива – это подповерхностное капельное орошение (ПКО). Разработка ПКО началась в 1960-х годах, но имела ограниченный интерес до 1980-х годов после успешного внедрения поверхностного капельного орошения. Она все чаще используется для снабжения растений водой и питательными веществами, сохраняя при этом сухую поверхность почвы. Капельницы в системах ПКО размещаются в почве в попытках альтернативного сохранения воды, борьбы с сорняками, минимизации стока и испарения, облегчения использования техники в полевых условиях и предотвращения контакта человека с некачественной водой, экономии значительного труда, связанного с сезонной установкой и сбором боковых элементов системы поверхностного капельного орошения. Капельницы обычно устанавливаются в почву на глубине 7–30 см, но и до 100 см (в садах с финиковыми пальмами). Сегодня подземные технологии и системы для капельного орошения представляют все более важные компоненты сельскохозяйственного и ландшафтного орошения.

Использование систем ПКО особенно полезно в системах удаления сточных вод, что делает их особенно актуальными для израильского сельского хозяйства в засушливых районах. ПКО является потенциальным инструментом для решения проблем, связанных с опасностями для здоровья, запахом, загрязнением грунтовых вод и стоком в поверхностные воды. В частности, ПКО расширяет возможности для утилизации муниципальных сточных вод в ландшафтной и газонной культурах [26].

Дефицит пресной воды подстегивает израильских агрономов и биотехнологов выводить особые сорта культурных растений, способные питаться минерализованной водой. В целом, доля используемой в Израиле солоноватой воды, по данным компании «Мекорот» за 2007 год, составляла 13 % от общего водопотребления пресной воды.

Водосбережение является самым надежным и наименее дорогостоящим способом увеличения водных ресурсов страны, и эта задача выполняется во всех секторах. В целях сокращения водопотребления и повышения осведомленности о нехватке воды используются общественные кампании по водосбережению в сочетании с техническими и экономическими мерами.

Еще один действенный механизм снижения водопотребления – ценообразование на воду. Оно носит прогрессивный характер (по аналогии с прогрессивным налогом): для конечных потребителей цена неизменна только в рамках определенного объема потребляемой воды, при его превышении растет и цена за кубометр воды. И чем больше превышение, тем выше цена.

Цены на воду были установлены по блочной системе. Для каждого потребителя были установлены квоты, как для коммунальных водопотребителей, так и для промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Сельскохозяйственных производителей правительство жестко контролирует, какой вид продукции и в каком объеме производит каждое хозяйство. Такая политика проводится с целью избежать перепроизводства, а значит, и лишнего водопотребления. В зависимости от объема производства и вида производимой культуры каждое хозяйство получает определенную ежегодную квоту на воду. Кроме того, цена зависит и от качества вод – пресная, очищенные сточные воды и слабо минерализованные. Четкое распределение воды между отраслями сопровождается постоянной корректировкой норм и квот для них и соответственно изменения их финансовых и экономических обязательств, определяющих общее стимулирование экономного расходования воды.

Защищенное сельское хозяйство

Недостаток плодородных земель, ограниченное количество пресной воды, засушливый климат и многие другие сложности ускорили развитие технологий защищенного или тепличного сельского хозяйства.

В Израиле суммарная площадь теплиц, парников и прочих защитных сооружений для выращивания сельскохозяйственных культур (включая теплицы туннельного типа и конструкции с сеточным каркасом) выросла с 900 га в 1980-х годах до 13 000 га в 2012 году, из которых 8000 га – для овощей и 5000 га – для цветоводства. Средний размер тепличных площадей, который приходится на одно хозяйство, составляет примерно 4 га при выращивании овощей и 1,2 га – при выращивании цветов [20].

Выращивание сельскохозяйственной продукции в теплицах дает ряд немаловажных преимуществ, главным из которых является возможность контролировать целый спектр параметров производства, включая климатические условия. Кроме этого, данная технология позволяет: оптимизировать процессы удобрительного орошения, эффективнее бороться с вредителями и болезнями растений, рационализировать вопросы землепользования и улучшать сезонные показатели, наиболее оптимальным образом распределяя время сбора урожая.

Методы организации тепличного хозяйства в Израиле по праву называются технологиями будущего. Рациональное использование имеющегося ресурса с внедрением передовых технологий позволило израильским фермерам выйти на высочайшие показатели производительности. Урожаи, выращенные в теплицах, в десятки раз превышают показатели урожайности на открытых грунтах. Например, томатные растения достигают 15 м в длину и производят в среднем за сезон до 300 тонн/га [12].

Израильские кибуцы и мошавы на юге страны размещают теплицы на пустынных землях, где никакое другое растениеводство в принципе невозможно. Таким образом, площадь используемой сельскохозяйственной земли постоянно увеличивается за счет площадей закрытого грунта. Сельскохозяйственные производители стали понимать, что в настоящее время при постоянном повышении температуры на планете использование теплиц – наиболее рациональное решение.

Теплицы в жарких пустынях сталкиваются с двумя основными проблемами: охлаждение в периоды высокой инсоляции и нагревание в холодные ночи. Поэтому особое внимание при разработке тепличных конструкций уделено поддержанию необходимой для комфортных климатических условий температуры. Для этого в Израиле в пленочных теплицах используются теплосберегающие, светорассеивающие, антиконденсационные и антивирусные пленки, позволяющие контролировать световой спектр и влиять на рост растений и поведение насекомых; фильтровать ультрафиолетовые (УФ) лучи; излучать инфракрасные (ИК) лучи; преломлять и распространять свет, чтобы манипулировать им для воздействия на рост растений и поведение насекомых.

Большинство современных теплиц оборудованы специальными солнцезащитными шторами, а специальные теплосберегающие экраны при низкой температуре обеспечивают поддержание приемлемого микроклимата. Каждая теплица оснащена установкой микроклимата, за которой следит компьютер, регулирующий проветривание площадей, их освещенность, уровень температуры и влажности почвы и воздуха, интенсивность воздухообмена, подачу питательных веществ, а также солнцезащитными шторами – экранами, которые дают возможность регулировать влияние радиации и ультрафиолетового излучения на выращиваемые растения. Проветривание теплиц производится при помощи защитных сеток, которые не пропускают внутрь вредных насекомых, тем самым снижается необходимость обработки растений химическими препаратами. Создание компьютеризированных теплиц позволяет эффективно выращивать овощи и фрукты в условиях убийственно жаркого и засушливого климата.

Усовершенствованная конструкция теплиц, используемая в настоящее время в Израиле, включает в себя шторы, окна в крыше и сетку для теней, которые автоматически перемещаются в ответ на солнечный свет. Создана сетка, которая служит сложным тепловым экраном, снижает солнечную радиацию в течение дня и предотвращает потерю тепла ночью. Новая разработка особенно полезна в районах с резкими перепадами температур днем и ночью. Многие теплицы, помимо пластикового покрытия, имеют сетчатые стенки, которые предотвращают проникновение насекомых и используются для защиты от интенсивного солнечного излучения летом. Эти теневые сетки классифицируются в соответствии с процентом затенения, которое они производят.

Для контроля роста растений широко используются сетки разных цветов. Исследование, проведенное израильскими учеными, демонстрирует преимущества цветных сеток на фруктовых деревьях, таких как яблони, нектарины, персики, цитрусовые. Обнаружено, что новые цветные сетки различных оттенков способствуют преждевременному старению растений, улучшают качество фруктов, дают более высокую урожайность и обеспечивают другие преимущества, а некоторые типы цветных сетчатых покрытий отпугивают вредителей.

Для термальной дезинсекции почвы перед посадкой в теплицах используют пластиковую пленку и пластиковую мульчу. Они выполняют множество функций, включая дезинсекцию почвы солнечной

энергией (соляризация); аккумуляцию тепла в припочвенном слое; предотвращение роста сорняков и вредителей; сведение к минимуму испарения; отпугивают или привлекают насекомых [39].

Кроме растениеводства, тепличное хозяйство активно используется в сфере семеноводства, выращивания рассады и декоративных видов растений, рыбоводства и цветоводства, а также в сфере развития гидропоники и аквапоники. Эта практика является экономически выгодной для землепользования и оказывает незначительное воздействие на опустынивание. В последнее время в теплицах стали выращивать и фруктовые деревья.

Технологии тепличного сельского хозяйства сыграли важную роль в сверхзасушливых районах Израиля. Таким образом, обращаясь к тепличному земледелию, удалось избежать значительной нагрузки на почвенные ресурсы страны; следовательно, эту технологию можно рассматривать как инструмент, способствующий борьбе с опустыниванием.

В результате в пустыне Негев, где температура летом достигает 50 °С, выращивается более 600 тысяч тонн картофеля, более 2 миллионов тонн экологически чистых овощей, арбузов и дынь, винограда, экзотические сорта фруктов – манго, гранаты, хурма, авокадо, декоративные растения, цитрусовые – апельсины, мандарины, грейпфруты, памела, семена и саженцы, цветы, зелень 36 наименований. Общий урожай плодовых составляет почти 1.5 миллиона тонн, из которых приблизительно две трети – цитрусовые.

Органическое сельское хозяйство

Развитие органического сельского хозяйства обещает дальнейшее сокращение экологически вредных методов ведения сельского хозяйства. Органическое сельское хозяйство – это метод выращивания растений и скота в естественном режиме, с полным учетом жизненных процессов в условиях их роста, пристальное внимание уделяется переработке и предотвращению загрязнения окружающей среды. При этом не используются пестициды, химические удобрения и гормоны.

На органическое сельское хозяйство приходится около 1,2 % всего сельскохозяйственного производства в Израиле, большая часть предназначена для экспортного рынка. В последние годы органическое сельское хозяйство стало одним из самых быстрорастущих секторов, достигнув ежегодного прироста 25 % [27]. В 2015 году органическое сельское хозяйство включало около 320 фермерских хозяйств, которые выращивали свежие продукты на примерно 7200 га [30]. Большинство из этих продуктов предназначены для экспорта. Эти хозяйства концентрируются в основном в северных и южных регионах Израиля, поскольку центральный регион в большей степени подвержен загрязнению сельскохозяйственных культур и другим источникам загрязнения.

В южных районах Израиля органическое сельское хозяйство развито в долине Арава, которая относится к сверхзасушливой территории. Арава, самая южная часть Негева, простирается с севера на юг протяженностью 175 км, к западу от границы с Иорданией. Несмотря на острые условия окружающей среды (экстремальные температуры, скудные осадки – 25–50 мм в год, засоленная почва и низкое качество воды), в долине успешно выращивают разнообразные органические культуры [17; 27]. Здесь существует 20 сельских поселений (кубуцы, мошавы), в которых проживают около 7000 человек.

Основная проблема в долине Арава – это нехватка водоснабжения и то, что она не связана с Национальным Всеизраильским водоводом, который доставляет воду из озера Кинерет в Северный Негев. Поэтому регион полагается на местные источники подземных вод, которые соленые и доступны из скважин и сбора зимних паводковых вод с нескольких сухих русел. Соленые воды находятся на глубине 1000 м с содержанием хлора от 1000 до 2500 мг/л.и., температурой около 40° [21].

Местные водные ресурсы составляют 32 км³, которые обеспечивают 6 паводковых водохранилищ и 50 скважин глубиной от 150 до 1500 м. 3 % всех водных ресурсов представлены пресной водой и 97 % – солеными подземными водами [17]. Наличие водных ресурсов позволяет использовать под сельское хозяйство около 3000 га, из которых 2300 га заняты под овощи, 150 га – под цветоводство, 240 га – под биоорганическое земледелие [17].

Учитывая ограниченные водные ресурсы, бесплодные земли, полностью лишённые органического вещества и засоленные, в долине Арава получило широкое развитие тепличное хозяйство с исполь-

зованием оптимального типа субстрата вместо почв. В качестве субстрата используются минеральная вата, керамзит, дробленый туф, перлит и вермикулит. Лучшими из них можно считать туф, перлит и вермикулит. Они химически нейтральны и обладают хорошими водоудерживающими свойствами. Все более популярным становится кокосовый субстрат. Основой этого субстрата является кокосовое волокно из скорлупы кокосовых орехов. Капельное орошение позволяет осуществлять точную дозировку питательных веществ и автоматизировать все процессы, связанные с орошением и питанием растений, кроме того, переход к капельному орошению позволил поливать соленой водой в точных количествах в соответствии с потребностями растений.

Для безземельных сред в теплицах фермеры внедрили первое поколение капельниц со сверхнизким расходом (минутное орошение). Они считаются более продвинутыми, чем предыдущая капельная система, так как создают оптимальные воздушно-водяные отношения в корневых зонах растений и, будучи более эффективными, экономят еще больше воды [12].

В результате этот скромный регион, с ограниченными водными и земельными ресурсами, производит 65 % всего израильского овощного экспорта. Высокий уровень солнечной радиации и относительно жаркий климат в течение года способствует выращиванию сладкого перца, помидоров и огурцов, которые экспортируются в основном в Европу и США.

Облесение и управление засушливыми землями

Все путешественники, побывавшие в Восточном Средиземноморье в середине и конце XIX века, отмечали, что местность совершенно лишена лесного покрова. Чуть более ста лет назад знаменитый американский писатель Марк Твен посетил Восточное Средиземноморье, и вот что он увидел: «Пустынная страна с богатейшей землей, заросшей держи-деревом и терновником, безмолвные и грустные просторы. Запустение здесь таково, что даже никакая фантазия не может вообразить эти места в величии и кипящей деятельности...» («Простаки за границей», 1867 г.).

В 1948 году, когда был основан Израиль, лесами были покрыты только 2 % территории страны, а сегодня почти 8 % (1600 км²) территории Израиля покрыто лесами [1; 11]. Страны по всему миру осуществляют проекты в области облесения с целью управления засушливыми землями и их восстановления, а также борьбы с опустыниванием. Израиль делал это на протяжении более столетия, и некоторые из его самых больших достижений касались создания лесных массивов в пустыне Негев. В последние 20 лет основные лесопосадки (примерно 80 %) ведутся на юге страны, в исключительно сложных климатических условиях. Именно здесь отрабатываются новые технологии создания больших лесных массивов, которые в дальнейшем используются в зонах с более благоприятным климатом. Облесение играет важную роль в общей стратегии Израиля по борьбе с опустыниванием [26]. Израиль является одной из немногих стран в мире, где количество лесов в XXI веке не уменьшилось, а выросло по сравнению с веком минувшим. Причем 95 % из этих лесов посажено вручную.

В 1961 году Израиль заключил договор с ЕНФ на проведение мероприятий по облесению. За последние пятьдесят лет организация высадила более 260 млн деревьев, в основном в районах с полусухим климатом и часто на каменистой, холмистой местности, в которой ведение сельского хозяйства неэффективно и где высок риск деградации земли.

В 1995 году правительством утвержден Национальный генеральный план по лесам и облесению на 25 лет. В течение этого периода количество облесенных и управляемых лесов в Израиле увеличится до 1606 км² (15 % засушливых и полусухих земель страны) [35; 36]. В соответствии с национальным генеральным планом ЕНФ отвечает за почти 200 000 га – одну десятую часть земель страны. Около 60 000 га уже посажено, и план предусматривает еще 30 000 га, большинство из которых должны быть посажены в засушливых южных районах.

За довольно короткий период на юге страны, в зоне рискованного лесоразведения были сформированы значительные массивы монокультурных хвойных и эвкалиптовых лесов. Только за тридцать лет – с 1955 по 1985 год – было создано 6000 га хвойных лесов и 4000 га эвкалиптовых. К настоящему времени леса юга Израиля занимают 31 000 га, что составляет треть всех искусственно созданных лесов страны.

Проекты по облесению в Негеве обычно делятся на три категории: лиманы, хвойные леса и саваннизация [35]. Среди уникальных особенностей пейзажей Негева одна из самых примечательных – так называемые «лиманы», которые можно встретить, как правило, вдоль дорог и железнодорожных путей. Лиман – ирригационное сооружение для аккумуляции с помощью дамбы временного поверхностного стока в зимний период в естественных оврагах или пересыхающих руслах, что позволяет сохранить русло лимана достаточно влажным для того, чтобы в нем росли деревья и кустарники (временный пруд). В самых влажных местах лимана – близ дамбы – высаживаются деревья. А отводной канал регулирует уровень воды так, чтобы избежать половодья. Этот новаторский метод лесоводства позволяет высаживать деревья и кустарники в самых засушливых районах, где выпадает менее 100 мм годовых осадков. Площадь лимана колеблется от 0,2 до 0,6 га, но поддерживается водосбором в 10–100 раз больше его площади. В пустыне Негев их насчитывается около 400–500. В области с осадками ниже 100 мм деревья высаживаются исключительно в лиманах.

Деревья служат естественным навесом, позволяющим значительно снизить в лимане и вокруг него уровень солнечного излучения в сравнении с окружающим пространством. Поэтому (и несмотря на то, что, согласно измерениям, средняя температура и влажность практически не отличаются) все живое в зоне лимана подвержено значительно меньшей тепловой нагрузке, чем в окружающей пустыне. В летнее время людям куда комфортнее и приятнее находиться в зоне лимана, чем в окружающей его пустыне. Поэтому они используются для отдыха людей, содержания домашнего скота и дикой природы [23].

Хвойные леса. Самые ранние израильские проекты в области облесения состояли в основном из хвойных саженцев, густо посаженных на северных склонах холмов, где они подвергались воздействию менее прямого резкого солнечного света, а сток воды был достаточным для поддержания их без орошения. Лес Ятир, посаженный в 1964 году в северном Негеве, является крупнейшим из этих лесонасаждений.

Новая практика облесения, разработанная Израилем, называется саваннизацией. Поверхностный сток собирают, сажая ряды деревьев вдоль земляных борозд, чтобы перехватить сток и стимулировать рост степной растительности в стиле саванны. Этот метод доказал, что он предотвращает опустынивание и повышает продуктивность и биоразнообразие. Контурные борозды вырыты на склонах водосборов на вертикальных расстояниях в десятки метров, а деревья высажены с плотностью 100 штук на га. Поверхностный сток между бороздами собирается, проникает в почву и накапливается в бороздах. В сезон дождей от четырех до шести ливней создают достаточный поверхностный сток на участках, чтобы обеспечить выживаемость деревьям [22]. К 2006 году около 52 км² были успешно «саваннизированы» ЕНФ. В результате сократились ливневые паводки, уменьшилась эрозия почвы, повысилась общая продуктивность полусухих почв, улучшается рост и выживаемость деревьев в засушливые годы [37].

Успехи в лесоразведении во многом зависят от подготовки почвы под новые посадки и качества посадочного материала. Посадочный материал – 1 200 000 саженцев – ежегодно выращивается в 3 крупных межрайонных питомниках ЕНФ. Выбираются засухоустойчивые породы деревьев. Подготовка почвы ведется механическим способом по террасной технологии с целью сбережения максимального количества воды для высаженных деревьев. Поверхностный сток собирается на склонах вдоль контурных террас. Высота террас составляет до 0,7 метра, а расстояние между террасами – от 8 до 25 метров. Избыточный сток воды через водосливную систему позволяет избежать эрозии во время сильных дождей и паводков.

Посадочные места готовятся механически с помощью мини-экскаватора и представляют собой лунку размером метр на метр и глубиной 20 см с бороздой, обеспечивающей приток воды. После посадки на саженец ставится пластмассовый рукав-чехол, а посадочное место закрывается листом перфорированного пластика. Основа всей технологии – короб или чехол из пластика. Снаружи он светлый, внутри – черный. Под воздействием солнечного света в нем конденсируется влага, стекает вниз и дерево как бы поливает само себя. Так оно растет 5–7 лет, пока его корни не достигнут водоносного слоя. Эта довольно дорогостоящая конструкция обеспечивает сохранение влаги и предохраняет саженцы от повреждений при выпасе скота [13]. Перфорированный пластик также помогает сохранять влагу и

предохраняет от сорняков. Главное достижение – деревья растут без полива. Раньше это было невозможно, даже теоретически.

В результате лесоводы Израиля добились максимально высоких показателей приживаемости и выживаемости всех высаженных деревьев. Так, приживаемость однолетних саженцев составляет примерно 88–92 %, а выживаемость деревьев в пятилетнем возрасте – 82 % от всего количества высаженных саженцев [18].

Благодаря созданию новых лесных площадей на ранее бесплодных почвах юга возникла совершенно новая экологическая ситуация, главным элементом которой стал лес. Он не только уменьшил почвенную эрозию, увеличил биоразнообразие, но и способствовал созданию новой социально-экономической инфраструктуры – новых городов, поселков, дорог, водохранилищ и сельскохозяйственных угодий, мест отдыха, а также рабочих мест и туристических маршрутов.

Заключение

Израиль является страной-участницей Конвенции ООН по борьбе с опустыниванием (КБО) и поэтому привержен борьбе с опустыниванием на своей территории. Меры по борьбе опустыниванием и освоением засушливых земель были начаты с момента создания Израиля и усилились к настоящему времени.

Израильская программа по борьбе с опустыниванием основана на устойчивом развитии сельского хозяйства, которое связано с разумным использованием ограниченных ресурсов (земли, воды, энергии) при минимизации негативного воздействия на окружающую среду. Устойчивость сельского хозяйства в засушливых районах Израиля и его успех в предотвращении опустынивания зависят от водной политики. Именно в Израиле, находящемся в одном из самых засушливых регионов мира, впервые возникли и были развиты идеи национального управления водным хозяйством, капельного орошения, переработки и очистки сточных вод, опреснения воды.

Развитие капельного орошения уменьшило риск засоления почвы и позволило освоить засушливые территории под орошаемое сельское хозяйство, не вызывая процессов опустынивания. Оно вызвало развитие тепличного хозяйства, что свело к минимуму риски опустынивания и удалось избежать значительной нагрузки на почвенные ресурсы. Технологии тепличного хозяйства сыграли важную роль в развитии сельского хозяйства даже в сверхзасушливых районах Израиля.

Был принят общенациональный многолетний план устойчивого развития сельского хозяйства, который уравнивает экологические проблемы и развитие сельскохозяйственной деятельности и землеустройства. Для этого потребовалось создать обширную программу научных исследований, разработать соответствующую физическую, юридическую и административную инфраструктуру развития отраслей хозяйства. Стратегическое планирование и политика по борьбе с опустыниванием, кроме улучшения устойчивого управления водными ресурсами и устойчивого развития сельского хозяйства в уязвимых регионах на основе активных программ борьбы с эрозией, регулирования кочевого выпаса скота и продвижения водосберегающих и солеустойчивых культур, предусматривает управление пастбищами, облесение и расширение охраняемых территорий.

Облесение играет важную роль в общей стратегии Израиля по борьбе с опустыниванием, способствуя возобновлению плодородия почв в пустынных регионах Негева, предотвращает эрозию почвы, способствует сохранению биоразнообразия, предоставляет пастбища и рекреационные ресурсы для населения.

Усилия Израиля по развитию облесения и мелиорации деградированных засушливых районов служат примером для стран с засушливым климатом, как развивать агропустынное хозяйство и воссоздавать леса и парки, которые обеспечивают множество экологических выгод и предотвращают опустынивание.

Высокая приоритетность, придаваемая Израилем глобальным усилиям по борьбе с опустыниванием, привела к созданию Международного центра по борьбе с опустыниванием в кампусе Университета им. Бен-Гуриона в Сде-Бокере, расположенном в засушливом регионе со 100 мм осадков.

Международная школа исследований пустынь им. Альберта Каца является основным инструментом Международного центра по распространению ноу-хау и передаче технологий для устойчивого освоения засушливых земель слушателям, студентам и экспертам из разных стран.

Израиль сегодня обладает уникальным опытом по борьбе с опустыниванием. За 70 лет своего существования он смог принципиально решить вопросы создания комфортной среды обитания в условиях пустыни. На фоне проблем, переживаемых соседними государствами, успехи Израиля в борьбе с опустыниванием и создании системы эффективного и экономного водопользования выглядят убедительно. Модель освоения пустынь Израиля дает возможность понять и осуществить сокращение процессов опустынивания благодаря внедрению ресурсосберегающих эффективных технологий.

Список литературы

1. Леса Израиля [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.polnaja-jenciklopedija.ru/geografiya/lesa-izrailya.html> (дата обращения: 20.01.2019).
2. Озиранский Ю., Кольмакова Е.Г., Марголина И.Л. Интегрированное управление ограниченными водными ресурсами в целях устойчивого водоснабжения аридных регионов (опыт Государства Израиль) // Аридные экосистемы. – 2014. – Т. 20, № 4. – С. 57–65.
3. Орловский Н., Зонн И. Водные ресурсы Израиля: опыт освоения // Проблемы постсоветского пространства. – 2018. – Т. 5, № 1. – С. 8–36.
4. Решение проблемы нехватки воды в Израиле: повторное использование, сбор и восстановление водных ресурсов [Электронный ресурс] // Еврейский национальный фонд. – 2012. – URL: <http://www.kkl.org.il> (дата обращения: 20.01.2019).
5. Agriculture in Israel. Facts and Figures, 2016. Ministry of Agriculture and Rural Development, State of Israel: 47 [Electronic resource]. – URL: http://www.moag.gov.il/en/Ministrys_Units/CINADCO/Agriculture_in_Israel/Pages/default.aspx (date of access: 20.06.2019).
6. Agriculture with Brackish Water. 2016 [Electronic resource]. – URL: <http://www.kkl-jnf.org/about-kkl-jnf/green-israel-news/december-2016/agriculture-with-brackish-water> (date of access: 20.06.2019).
7. Aquastat. 2009. Regional water report 34: Israel. Statistic at FAO.
8. Becker N. and Ward F. A. 2015. Adaptive water Management in Isreal: Structure and policy options // Inter. Jour. of Water Resources Development. – 2015. – No. 31 (4). – Pp. 317–330.
9. Central Bureau of Statistics. 2017. Israel in Fugures [Electronic resource]. – URL: http://www.cbs.gov.il/www/publications/isr_in_n16e.pdf (date of access: 20.06.2019).
10. Combating Desertification in the Negev [Electronic resource]. – URL: <http://www.kkl-jnf.org/forestry-and-ecology/combating-desertification> (date of access: 20.06.2019).
11. Desert Agriculture and Agroforestry [Electronic resource]. – URL: <http://www.12.000.scripts.mit.edu/mission2014/solutions/desert-agriculture-and-agroforestry> (date of access: 20.06.2019).
12. Fedler J. Israeli Agriculture-Coping with Growth. Israel Ministry of Foreign Affairs, 2002 [Electronic resource]. – URL: http://www.israel.org/MFA/AboutIsrael/IsraelAt50/Pages/Israeli_Agriculture-Coping_with_Growth.aspx (date of access: 20.06.2019).
13. Finkelstein A.R. The Nature of the Negev. Assessing a National Experiment in Dryland Afforestation, 2014 [Electronic resource]. – URL: http://www.web.mit.edu/nature/projects_14/pdfs/2014-Negev-Finkelstein.pdf (date of access: 20.06.2019).
14. First National Report on the Implementation of the United Nations Convention to Combat Desertification, 2000 [Electronic resource]. – URL: <http://www.bgu.ac.il/BIDR/rio/desertifrepuriel2.html> (date of access: 20.06.2019).
15. Fisher J.T. et all. Land use and management: Research implimentation from three arid and semiarid regions of the World // Arid Land Management. – 1999. – Pp. 149–170.
16. Gabbay S. Israel Environment & Nature: Nature Conservation, 2018 [Electronic resource]. – URL: <https://www.jewishvirtuallibrary.org/nature-conservation-in-israel> (date of access: 20.06.2019).
17. Gadiel A. Development of Desert Agriculture. Arava Research and Development Center, Israel, 2018.
18. Healing a Degraded Land [Electronic resource]. – URL: <http://www.kkl-jnf.org/forestry-and-ecology/combating-desertification/healing-a-degraded-land.aspx> (date of access: 20.06.2019).

19. Israel Water Authority. Towards World Water Forum VII. South Korea, 2015.
20. Israel's Agriculture. Ministry of Agriculture & Rural Development [Electronic resource]. – URL: https://www.issuu.com/sarvodayanewsletter/docs/israel_s_agriculture_booklet (date of access: 20.06.2019).
21. Israel's Desert Agriculture [Electronic resource]. – URL: <https://www.touristisrael.com/israels-desert-agriculture/10334> (date of access: 20.06.2019).
22. Israel's Second National Communication on Climate Change. Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change. 2010. Jerusalem: 186 [Electronic resource]. – URL: <https://www.unfccc.int/resource/docs/natc/isrnc2.pdf> (date of access: 20.06.2019).
23. Limans in the Negev. 2017 [Electronic resource]. – URL: <http://www.ea.kkl-jnf.org/forestry-and-ecology/tress-in-kkj-jnf-forests> (date of access: 20.06.2019).
24. *Markel D.* Preserving Lake Kinneret as a Strategic Water Source Considering the Climate Change // Cutting-Edge Solution to Wicked Water Problems: International Conference, 2017.
25. Master Plan for Water Sector Development in the Period 2010–2050, Planning Department, Israel Water Authority, Israel.
26. National Report of Israel to the United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), 2006.
27. Organic Agriculture in the Arava Desert, 2016 [Electronic resource]. – URL: <http://www.kkl-jnf.org/about-kkj-jnf/green-israel-news/october-2016/organic-agriculture-arava-israel> (date of access: 20.06.2019).
28. *Portnov B.A., Safriel U.N.* Combating desertification in the Negev: dryland agriculture vs. dryland urbanization [Electronic resource] // Journal of Arid Environments. – 2004. – Vol. 56, is. 4. – Pp. 659–680. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140196303000879> (date of access: 20.06.2019).
29. *Raanan K.* Sustainable Agriculture Methods to Combat Desertification. The Israeli Experience [Electronic resource] // Natural Product Radiance. – 2004. – Vol 3 (3). – URL: <http://www.nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/9416/1/NPR/20138-143.pdf> (date of access: 20.06.2019).
30. *Rejwan A.* The State of Israel: National Water Efficiency Report [Electronic resource] // Water Authority, Israel, 2011. – URL: <http://www.water.gov.il/Hebrew/ProfessionalInfoAndData/2012/24-The-State-of-Israel-National-Water-Efficiency-Report> (date of access: 20.06.2019).
31. *Rimmer A., Givati A., Samuels R., and Alpert P.* Using ensemble of climate models to evaluate future water and solutes budgets in Lake Kinneret, Israel // J. Hydrol, 2011. – 410: 248–259.
32. *Sitton D.* 2000. Advanced Agriculture as a Tool Against Desertification [Electronic resource]. – URL: http://www.israel.org/MFA/InnovativeIsrael/AboutIsrael/Spotlight/Pages/Advanced_Agriculture_as_a_Tool_Against_Desertifica.aspx (date of access: 20.06.2019).
33. *Stanhill G.* Irrigation in Israel: Past achievements, present challenges and future possibilities / Shalhevet J. and et all. (eds.) // Water Use Efficiency in Agriculture, Rehovot. – Israel: Priel Publisher, 1992. – Pp. 63–77.
34. State of the Environment in Israel. Indicators, Data and Trends [Electronic resource] // Ministry of Environmental Protection, 2010. – P. 134. – URL: <https://www.environment.gov.il> (date of access: 20.06.2019).
35. *Tal A., Katz D.* Rehabilitating Israel's streams and rivers // Int. Jour. River Basin Management. – 2012. – Vol. 10, No. 4. – Pp. 317–330.
36. *Tenne A.* 2010. Sea Water Desalination in Israel: Planning, coping with difficulties, and economic aspect of long-term risks. – Israel Water Authority, 2010. – P. 13.
37. The path toward sustainable development in Israel [Electronic resource] // State of Israel Ministry of Environmental protection, 2008. – URL: <http://www.sviva.gov.il/InfoServices/ReservoirInfo/DocLib2/Publications/P0401-P0500/P0463.pdf> (date of access: 20.06.2019).
38. *Tsur Y.* Closing the (widening) gap between natural water resources and water needs in the Jordan River Basin: A long term perspective // Department of Agricultural Economics and Management, The Hebrew University of Jerusalem, Discussion Paper. – 2014. – No. 2 (14). – P. 28.
39. *Zabutyi A.* Israeli's Agriculture [Electronic resource] // Hannoversches Jahrbuch Band 3: Serie Landwirtschaft. Hannover, 2012. – URL: <http://www.eanw.info/isdatelistvo/agrculture-of-israel.pdf> (date of access: 20.06.2019).

References

1. Forests of Israel [Electronic resource]. – URL: <https://www.polnaja-jenciklopedija.ru/geografiya/lesa-izrailya.html> (date of access: 20.01.2019).

2. *Oziransky Yu., Kolmakova E.G., Margolina I.L.* Integrated management of limited water resources for sustainable water supply in arid regions (experience of the state of Israel) // *Arid ecosystems*. – 2014. – Vol. 20, No. 4. – Pp. 57–65.
3. *Orlovsky N., Zonn I.* Water resources of Israel: experience of development // *Problems of the post-Soviet space*. – 2018. – Vol. 5, No. 1. – P. 8–36.
4. Solving the problem of water scarcity in Israel: reuse, collection and restoration of water resources [Electronic resource] // Jewish national Foundation. – 2012. – URL: <http://www.CCL.org.Silt> (date of access: 20.01.2019).
5. *Agriculture in Israel. Facts and Figures, 2016.* Ministry of Agriculture and Rural Development, State of Israel: 47 [Electronic resource]. – URL: http://www.moag.gov.il/en/Ministrys_Units/CINADCO/Agriculture_in_Israel/Pages/default.aspx (date of access: 20.06.2019).
6. *Agriculture with Brackish Water, 2016* [Electronic resource]. – URL: <http://www.kkl-jnf.org/about-kkl-jnf/green-israel-news/december-2016/agriculture-with-brackish-water> (date of access: 20.06.2019).
7. *Aquastat. 2009. Regional water report 34: Israel.* Statistic at FAO.
8. *Becker N. and Ward F.A.* 2015. Adaptive water Management in Isreal: Structure and policy options // *Inter. Jour. of Water Resources Development*. – 2015. – No. 31 (4). – Pp. 317–330.
9. *Central Bureau of Statistics. 2017. Israel in Fugures* [Electronic resource]. – URL: http://www.cbs.gov.il/www/publications/isr_in_n16e.pdf (date of access: 20.06.2019).
10. *Combating Desertification in the Negev* [Electronic resource]. – URL: <http://www.kkl-jnf.org/forestry-and-ecology/combating-desertification> (date of access: 20.06.2019).
11. *Desert Agriculture and Agroforestry* [Electronic resource]. – URL: <http://www.12.000.scripts.mit.edu/mission2014/solutions/desert-agriculture-and-agroforestry> (date of access: 20.06.2019).
12. *Fedler J.* *Israeli Agriculture-Coping with Growth.* Israel Ministry of Foreign Affairs, 2002 [Electronic resource]. – URL: http://www.israel.org/MFA/AboutIsrael/IsraelAt50/Pages/Israeli_Agriculture-Coping_with_Growth.aspx (date of access: 20.06.2019).
13. *Finkelstein A.R.* *The Nature of the Negev. Assessing a National Experiment in Dryland Afforestation, 2014* [Electronic resource]. – URL: http://www.web.mit.edu/nature/projects_14/pdfs/2014-Negev-Finkelstein.pdf (date of access: 20.06.2019).
14. *First National Report on the Implementation of the United Nations Convention to Combat Desertification, 2000* [Electronic resource]. – URL: <http://www.bgu.ac.il/BIDR/rio/desertifrepurriel2.html> (date of access: 20.06.2019).
15. *Fisher J.T. et all.* *Land use and management: Research implimentation from three arid and semiarid regions of the World* // *Arid Land Management*. – 1999. – Pp. 149–170.
16. *Gabbay S.* *Israel Environment & Nature: Nature Conservation, 2018* [Electronic resource]. – URL: <https://www.jewishvirtuallibrary.org/nature-conservation-in-israel> (date of access: 20.06.2019).
17. *Gadiel A.* *Development of Desert Agriculture.* Arava Research and Development Center, Israel, 2018.
18. *Healing a Degraded Land* [Electronic resource]. – URL: <http://www.kkl-jnf.org/forestry-and-ecology/combating-desertification/healing-a-degraded-land.aspx> (date of access: 20.06.2019).
19. *Israel Water Authority. Towards World Water Forum VII.* South Korea, 2015.
20. *Israel's Agriculture.* Ministry of Agriculture & Rural Development [Electronic resource]. – URL: https://www.issuu.com/sarvodayanewsletter/docs/israel_s_agriculture_booklet (date of access: 20.06.2019).
21. *Israel's Desert Agriculture* [Electronic resource]. – URL: <https://www.touristisrael.com/israels-desert-agriculture/10334> (date of access: 20.06.2019).
22. *Israel's Second National Communication on Climate Change.* Submitted under the United Nations Framework Convention on Climate Change. 2010. Jerusalem: 186 [Electronic resource]. – URL: <https://www.unfccc.int/resource/docs/natc/isrnc2.pdf> (date of access: 20.06.2019).
23. *Limans in the Negev, 2017* [Electronic resource]. – URL: <http://www.ea.kkl-jnf.org/forestry-and-ecology/tress-in-kkl-jnf-forests> (date of access: 20.06.2019).
24. *Markel D.* *Preserving Lake Kinneret as a Strategic Water Source Considering the Climate Change* // *Cutting-Edge Solution to Wicked Water Problems: International Conference, 2017.*
25. *Master Plan for Water Sector Development in the Period 2010–2050,* Planning Department, Israel Water Authority, Israel.

26. National Report of Israel to the United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD), 2006.
27. Organic Agriculture in the Arava Desert, 2016 [Electronic resource]. – URL: <http://www.kkl-jnf.org/about-kl-jnf/green-israel-news/october-2016/organic-agriculture-arava-israel> (date of access: 20.06.2019).
28. *Portnov B.A., Safriel U.N.* Combating desertification in the Negev: dryland agriculture vs. dryland urbanization [Electronic resource] // *Journal of Arid Environments*. – 2004. – Vol. 56, is. 4. – Pp. 659–680. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140196303000879> (date of access: 20.06.2019).
29. *Raanan K.* Sustainable Agriculture Methods to Combat Desertification. The Israeli Experience [Electronic resource] // *Natural Product Radiance*. – 2004. – Vol 3(3). – URL: <http://www.nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/9416/1/NPR/20138-143.pdf> (date of access: 20.06.2019).
30. *Rejwan A.* The State of Israel: National Water Efficiency Report [Electronic resource] // Water Authority, Israel, 2011. – URL: <http://www.water.gov.il/Hebrew/ProfessionalInfoAndData/2012/24-The-State-of-Israel-National-Water-Efficiency-Report> (date of access: 20.06.2019).
31. *Rimmer A., Givati A., Samuels R., and Alpert P.* Using ensemble of climate models to evaluate future water and solutes budgets in Lake Kinneret, Israel // *J. Hydrol*, 2011. – 410: 248–259.
32. *Sitton D.* 2000. Advanced Agriculture as a Tool Against Desertification [Electronic resource]. – URL: http://www.israel.org/MFA/InnovativeIsrael/AboutIsrael/Spotlight/Pages/Advanced_Agriculture_as_a_Tool_Against_Desertifica.aspx (date of access: 20.06.2019).
33. *Stanhill G.* Irrigation in Israel: Past achievements, present challenges and future possibilities / Shalhevet J. and et all. (eds.) // *Water Use Efficiency in Agriculture*, Rehovot. – Israel: Priel Publisher, 1992. – Pp. 63–77.
34. State of the Environment in Israel. Indicators, Data and Trends [Electronic resource] // Ministry of Environmental Protection, 2010. – P. 134. – URL: <https://www.environment.gov.il> (date of access: 20.06.2019).
35. *Tal A., Katz D.* Rehabilitating Israel;s streams and rivers // *Int. Jour. River Basin Management*. – 2012. – Vol. 10, No. 4. – Pp. 317–330.
36. *Tenne A.* 2010. Sea Water Desalination in Israel: Planning, coping with difficulties, and economic aspect of long-term risks. – Israel Water Authority, 2010. – P. 13.
37. The path toward sustainable development in Israel [Electronic resource] // State of Israel Ministry of Environmental protection, 2008. – URL: <http://www.sviva.gov.il/InfoServices/ReservoirInfo/DocLib2/Publications/P0401-P0500/P0463.pdf> (date of access: 20.06.2019).
38. *Tsur Y.* Closing the (widening) gap between natural water resources and water needs in the Jordan River Basin: A long term percpective // Department of Agricultural Economics and Management, The Hebrew University of Jerusalem, Discussion Paper. – 2014. – No. 2 (14). – P. 28.
39. *Zabutyi A.* Israeli's Agriculture [Electronic resource] // *Hannoversches Jahrbuch Band 3: Serie Landwirtschaft*. Hannover, 2012. – URL: <http://www.eanw.info/isdatelistvo/agrculture-of-israel.pdf> (date of access: 20.06.2019).