

Накопление паводков с пополнением подземных водоносных горизонтов (MAR) с природно ориентированным бассейновым водоразделом для устойчивого развития Казахстана

Подготовил Жанай Сагин, j.sagin@kbtu.kz

Накопление паводков с пополнением подземных водоносных горизонтов (MAR)

Управляемое пополнение водоносных горизонтов (Managed Aquifer Recharge - MAR) – это целенаправленная система управления водными ресурсами, которая включает в себя пополнение водоносных горизонтов различными источниками воды, такими как снег, паводковые воды, ливневые стоки, очищенные сточные воды, технические, непригодные для питья поверхностные воды, для последующего восстановления или получения экологических выгод. Этот метод получил мировое признание в качестве устойчивого решения проблемы нехватки воды, особенно в засушливых и полузасушливых регионах [1,2].

Почему MAR для Казахстана?

Казахстан, страна с большой территорией и разнообразным часто малоэффективными методами и технологиями использованием воды, испытывает значительные сезонные колебания осадков, что создает проблемы в управлении водными ресурсами. Расположенная в конце нескольких трансграничных речных бассейнов, зависимость страны от поверхностных вод в сочетании с ее зависимостью от соседних стран, высокими потерями и загрязнением воды создает сложности устойчивого развития Казахстана. Колебания климата, характеризующиеся увеличением пиков паводков ранней весной и сильными засухами летом, еще больше усугубляют эти проблемы. Во время весенних паводков жители Казахстана часто изо всех сил пытаются справиться с избытком воды, пытаются избавиться от воды, отправить от себя куда-нибудь подальше от себя в сторону, дальше передавая проблемы соседям, кто ниже по уровню высот территорий, без отработанных рациональных программ сохранения паводковых вод рядом у себя, возле своего дома, рядом со своим поселением, для дальнейшего использования летом, во время засух. Летние засухи создают критический дефицит воды для орошения, что влияет на производительность сельского хозяйства. MAR предлагает перспективный и устойчивый подход к повышению водной безопасности, восполнению ресурсов подземных вод и поддержке устойчивых методов многократного использования водных ресурсов по всей территории Казахстана. Стратегически собирая и фильтруя излишки воды в периоды изобилия, MAR может снизить как риски наводнений, так и сохранять воду для летних засух [1-4]. Местные технологии MAR, объединяющие сбор снега и паводковых вод с управлением стоками перемещения воды, могут быть широко внедрены на всей территории Казахстана. Это может быть достигнуто за счет внедрения лесных защитных полос, контурно-полосной организации земель последовательно в финальной части соединенных с накопительными прудами, эффективно создающих распределенную сеть водных накопителей с разумными расходами для накопления паводковых вод и пополнения подземных водоносных горизонтов (рис. 1,2,3,4).

Накопление снега талой воды паводков

Таяние снега является одним из основных факторов весенних паводков в Казахстане. Внедрение эффективных систем сбора воды при снежном таянии, перемещении паводков, оптимально внедрить как одну из основных стратегий для совершенствования водной устойчивости во многих регионах Казахстана. Данную стратегию рационально внедрить подчиняясь Природе, с уважением к воде куда воде хочется перемещаться [4]. Минимальные корректировки оптимально внедряют к адаптации местности, базируясь естественной природной натуральной топографией региона, с определением наиболее естественных углублений, куда вода можете перемещаться и где может храниться талый снег постепенно, до потенциального широкомасштабного наводнения [4]. Такая стратегия позволяет контролировать потенциальное перемещение тающего снега, накопление и в дальнейшем просачивание в подземные водоносные горизонты. Система сбора воды при снежном паводке может быть спроектирована исходя из рельефа местности с различными типами накопительных прудов. Ниже показан сценарий перемещения снежного паводка в период ранней весны в накопительный пруд.



Рисунок 1. Система сбора воды при снежном паводке, показывающая движение воды в период ранней весны в накопительный пруд. Канал стока талого снега (вверху в центре): наверху виден прозрачный извилистый канал, активно переносящий грязно-коричневую воду с окружающих

земель к накопительному пруду. Берега этого канала и прилегающие к нему участки очерчены остаточным белым снегом, указывающим на источник талой воды. *Накопительный пруд (центр-большой круглый пруд)*: Доминирующей особенностью является большой накопительный пруд. Он наполнен значительным объемом коричневой, мутной воды, характерной для талых стоков, несущих взвешенный грунт. Важно отметить, что большие, неровные участки белого льда и тающего снега плавают на поверхности пруда. Основная роль пруда заключается в сборе и удержании этого большого притока воды, снижении рисков наводнений и хранении воды для будущего использования. *Очерченные земли (повсюду)*: Обширные территории, окружающие пруд, изображены как голая темно-серо-коричневая земля. Отчетливые линии контурно полосной организации земель в виде тонких, размашистых полос по всему ландшафту. Эти контуры играют жизненно важную роль в эффективном направлении стока талого снега в сторону сборного канала и минимизации эрозии почвы [3,4].



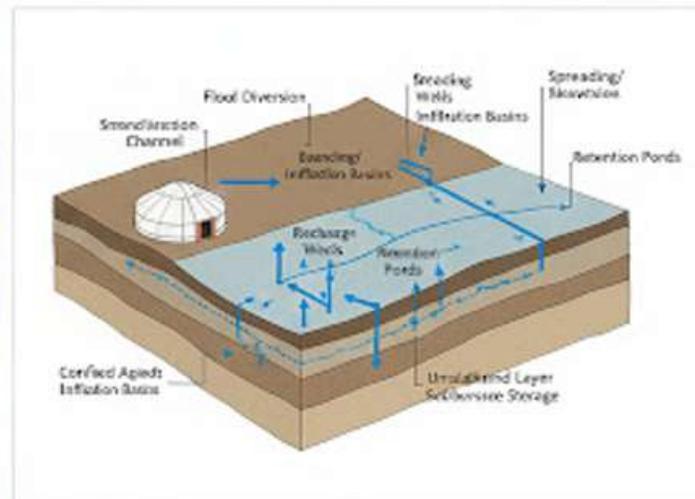
Рисунок 2. Система сбора воды паводков тающего снега, демонстрирующая потенциальную ситуацию в конце весны - начале лета в системе накопительных прудов. *Канал для сбора талой*

воды (вверху в центре): Видимый канал в верхней части изображения указывает, где первоначально собирается талая вода из окружающей территории. Этот канал направляет воду в сторону основной рабочей зоны. *Осадочный пруд (Большой пруд слева):* Первый большой пруд слева это осадочный пруд. Здесь первоначальные паводковые воды, содержащие осадочные породы и мусор с территорий, оседают. Более тяжелые частицы опускаются на дно, очищая воду перед тем, как более очищенная вода переместиться на следующую стадию. *Накопительный пруд (справа-большой пруд):* рядом с осадочным прудом находится большой накопительный пруд справа в дальнем углу. Этот накопительный пруд служит большим резервуаром для хранения частично очищенной воды от осадков. Накопительный пруд обеспечивает непрерывную подачу воды для технического использования по ирригации или дальнейшей очистки, возможного использования для бытового питьевого использования местного поселения, в том числе жителей аулов. *Пруды с биомассой (Меньшие пруды внизу справа):* Два малых круглых пруда являются прудами с биомассой. Эти пруды предназначены для выращивания водных растений или микроорганизмов (биомассы), которые могут естественным образом фильтровать и очищать воду, потенциально удаляя избыток питательных загрязняющих веществ. Это этап биологической очистки. *Подземный водоносный горизонт (ниже прудов):* Подземный водоносный горизонт находится под системой прудов. Этот подземный водоносный горизонт, где собранная и обработанная вода, может быть, либо использована местными жителями, либо вода просачивается в землю дальше глубже для пополнения местных запасов грунтовых вод, обеспечивая долгосрочный источник воды для будущего использования населением. *Окружающая территория и контурные полосы (фон):* Окружающий ландшафт представляет собой обширные зеленые территории с видимыми контурными полосами. Это методы контурно-полосной организации земли, при которой растительность высаживаются рядами, повторяют контуры земли, способствуют уменьшению эрозии почвы и более эффективно управлять стоком воды, направляя ее к системе сбора накопительных прудов. [3.4]

Contour Strip Farm Land Organization

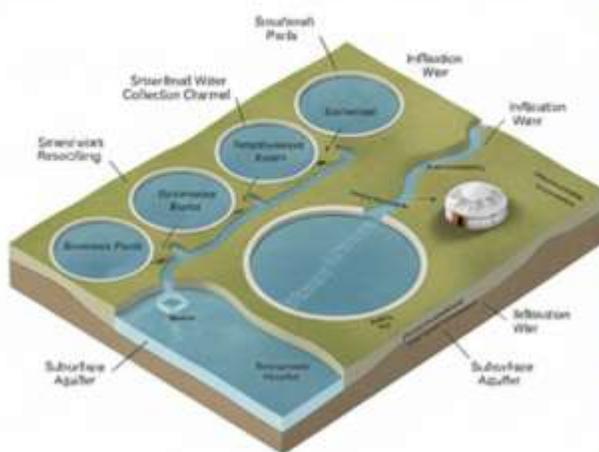


Managed Aquifer Recharge (MAR) Applications



Sustainable Water Management

Snow Flood Water Collection



Forest Shelter Belts



Contour Strip Farm Land Organization



Managed Aquifer Recharge (MAR) Applications

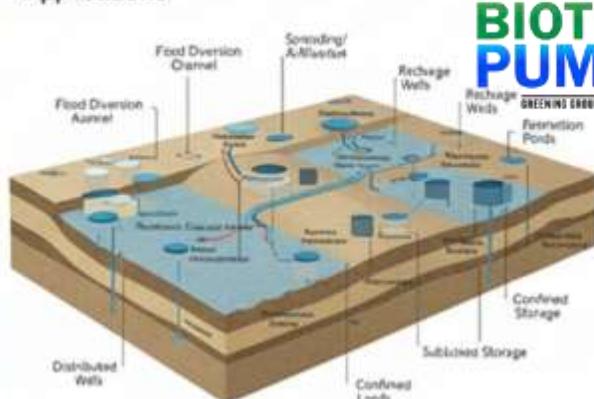


Рисунок 3. Таяние снега является одним из основных факторов весенних паводков в Казахстане. Внедрение эффективных систем сбора воды при снежном паводке имеет решающее значение. Это включает в себя создание инфраструктуры с учетом натуральной природной топографии местности естественного перемещения воды, с возможностью хранения талого снег до того, как он вызовет широкомасштабное наводнение, что позволяет в дальнейшем контролировать инфильтрацию в водоносные горизонты. Важна максимально устранить вмешательство в Природу большой инженерной строительной деятельности. В основном диагностика мониторинг Природы и подчинение естественному перемещению воды [4]. Это как лечению человеческого организма, с максимальной диагностикой организма, с устранением вероятности проведения большой операции, резания организма человека. В случае Природы устранения вмешательства противодействия Природе со строительством больших дамб против желания воды перемещаться.

Важно усиления почти забытой Казахской традиции использования передвижных юрт в Казахстане, которые могут дать больше гибкости для адаптации к Природе, уважая Природу по аналогии что продвигается в Монголии и Канадскими Индейцами. Канадские Индейцы уважают стремление воды к перемещению, приспосабливаясь к естественной топографии, Индейцы уважают Природу и перемещение воды [3,4]



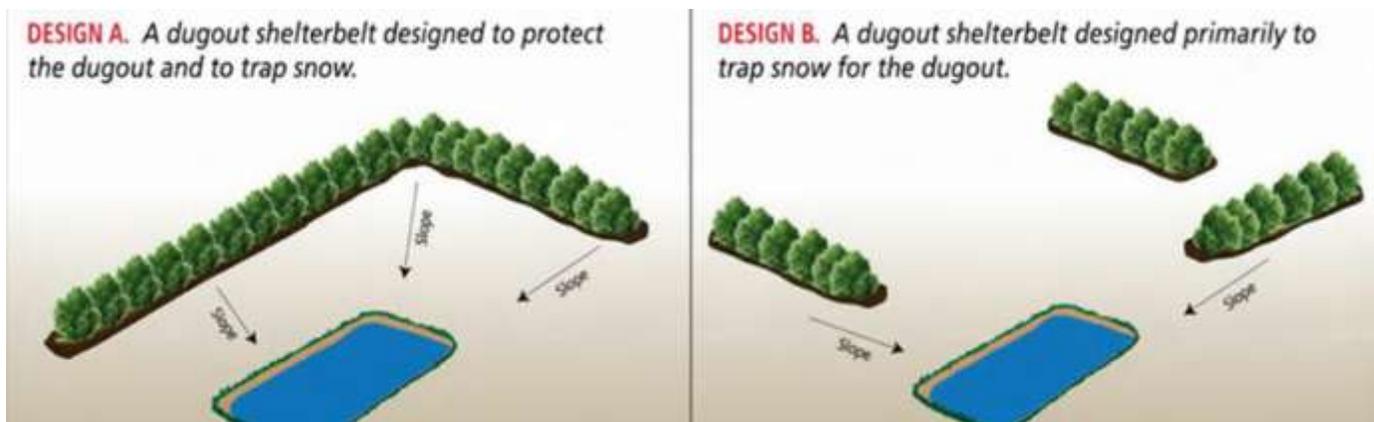


Рисунок 4. Лесозащитные полосы играют двойную роль в управлении водными ресурсами: уменьшают ветровую эрозию и увеличивают накопление снега. Правильно спроектированные ряды деревьев могут обеспечить максимально доступный сбор снега и направить нужную стоковую воду в накопительный пруд. Как правило, деревья следует сажать на северной и западной сторонах накопительного пруда для улавливания снега и уменьшения испарения, вызванного преобладающими ветрами. Защитные полосы на южной и восточной сторонах также могут быть эффективной снежной ловушкой, где ветры способствуют накоплению большого количества снега [3-7]



Рисунок 5. Талый снег и весенний сток могут быть важным источником воды для заполнения накопительных прудов. Лесные защитные полосы могут задерживать значительное количество

снега для возможного заполнения накопительных прудов. Высаживая деревья и кустарники рядами, эти полосы могут значительно замедлить скорость ветра, предотвращая сдувание ценного верхнего слоя почвы. Лесные защитные полосы, задерживая снег также способствуют к более равномерному распределению и более медленному таянию снега, что способствует лучшей инфильтрации в почву воды. Лесные защитные полосы создают микроклимат, который уменьшает испарение с поверхности почвы, еще больше сохраняя влагу. Зимой они действуют как естественные снежные заграждения, накапливая сугробы, которые при таянии медленно насыщают почву. Контурно полосная организация земель в сочетании с посадкой растительности чередующимися полосами вдоль контуров земли обладает высокой эффективностью в предотвращении эрозии почвы на склонах местности и в управлении стоком воды. Следуя естественным линиям высоты, контурные полосы уменьшают скорость потока воды, давая воде больше времени для проникновения в почву воды. Создание накопительных прудов для таящего снега обычная практика во многих странах мира, в том числе в Канаде, где создаются специальные территории возле поселений, где накапливается снег, включая перемещение снега в больших хранилищах на бульдозерах, рядом с накопительными прудами возле поселений. В дальнейшем вода используется в летний период времени [3-7].

Преимущества MAR для Казахстана

- **Повышение водной безопасности:** снижает зависимость от переменных запасов поверхностных вод, создавая буфер против засух и изменчивости климата.
- **Пополнение подземных вод:** Пополнение истощенных водоносных горизонтов, обращение вспять тенденций снижения уровня подземных грунтовых вод.
- **Улучшение качества воды:** естественная природная фильтрация через почву с регулярным мониторингом наносов, и очисткой верхних иловых наносных слоев в накопительных прудах с удалением загрязняющих веществ, улучшая качество подпитывающей воды.
- **Снижение потерь на испарение:** хранение воды под землей сводит к минимуму поверхностное испарение, присущее большим водохранилищам.
- **Надежная поддержка водообеспечения:** обеспечивает надежный источник воды, особенно в засушливые сезоны и длительные периоды отсутствия поверхностных вод.
- **Экологические и экономические выгоды:** поддерживает здоровье экосистемы за счет поддержания базового стока в реках и водно-болотных угодьях, снижает затраты на откачку в долгосрочной перспективе и способствует устойчивости по водным ресурсам.
- **Уменьшение Трансграничной зависимости:** Казахстан расположен в конце нескольких трансграничных речных бассейнов, где соседние страны часто мало предсказуемы, когда они будут избавляться от своих паводков, пытаясь избавиться от воды, отправляя от себя паводки подальше от себя, создавая проблемы соседям, кто ниже по уровню высот территорий, и наоборот, удерживая воду во время наибольшего спроса в летние периоды времени. Казахстан, создав местную систему накопления паводков и сохранения воды впрок по технологиям MAR, сможет быть менее трансгранично зависимым по водным ресурсам.

Проблемы по внедрению MAR в Казахстане

- **Гидрогеологическая оценка:** Необходимы тщательные исследования для определения подходящих участков с соответствующими характеристиками водоносного горизонта, качества типов почвы, гидрогеологию регионов Казахстана с анализом промерзания, плотности, уровнем инфильтрации почвы в разные периоды времени.
- **Качество воды:** Качество исходной воды для подпитки должно тщательно контролироваться и, при необходимости, очищаться для предотвращения загрязнения водоносного горизонта. Нужно повышения квалификации и усилия местных знаний в том числе в регионах, аулах Казахстана, по анализу качества воды, включая школьников, с внедрением программ аналогичных продвигаемых в Коксуском политехническом колледже области Жетысу по опыту обучения фермерских школьников США, <https://youtu.be/2vi75468Ohg>
- **Развитие инфраструктуры:** требует улучшения инфраструктуры с надлежащими геодезическими исследованиями местной топографии для анализа путей перемещения тающего снега и паводковой воды в подземные горизонты MAR.
- **Нормативно-правовая база:** Разработка политики правил MAR для Казахстана с созданием стимулов заинтересованности, в том числе финансовых, включая налоговые льготы, уменьшения налогов и использования налогов для внедрения MAR в местных регионах, для индустрии и местного населения заниматься накоплением снега, подготовки к паводкам, сохранению воды в подземных водоносных горизонтах Казахстана.
- **Наращивание потенциала:** обучение местных экспертов и заинтересованных сторон проектированию, эксплуатации и техническому обслуживанию MAR с изучением международного опыта аналогичных, <https://floodmar.org/> , <https://www.inowas.com/>

Улучшение устойчивости земель Казахстана

Проблемы деградации земель Казахстана становятся все более сложными. За несколько десятилетий состояние землепользования в Казахстане резко ухудшилось, что требует комплексной оценки и восстановления. Казахстан сталкивается с многочисленными проблемами, связанными с изменением климата, интенсивными антропогенными сложностями, агрессивными методами промышленного сельского хозяйства с использованием монокультурных злаков, истощением почв в Казахстане. Широко распространена паводковая эрозия и усиление засух, вызывающее опустынивание, а также интенсивного применения пестицидов, нитратов и фосфатов. Улучшение устойчивости мелиорации сельскохозяйственных угодий целесообразно распространять на весь Казахстан, включая качество почвы, геологию и возможности внедрения MAR. Контурно-полосная организация земель с подготовкой лесозащитных полос, изучение и адаптация к рельефу местности могли бы стать одними из таких программ по повышению устойчивости земель Казахстана. Во многих регионах Казахстана слабо реализуются технологии сбора снега, паводковых вод и удержания влаги в почве, в том числе MAR в комбинации с лесозащитными полосами. Причина этих проблем может быть связана с недостаточным стимулами для местных жителей Казахстана во внедрении и адаптации более Природно

ориентированных решений для повышения устойчивости использования земель Казахстана, где требуется время и предварительные инвестиции. Большинство казахстанских местных жителей вынуждены что-либо делать в сжатые сроки. Большинство банковских кредитов выдается на короткий период времени. Долгосрочные банковские кредиты с приемлемыми процентными ставками в Казахстане получить сложно. За последние несколько десятилетий в Казахстане резко сократились предыдущие крупные субсидии, которые использовались в предыдущие периоды для снегозадержания, программы поддержки лесозащитных полос практически исчезли в Казахстане, мероприятия по сохранению почвенной влаги, мероприятия по улучшению лесного хозяйства также плохо продвигаются. Природные методы посадки леса по контурным полосам, топографическому дизайну ландшафта в настоящее время редко применяются или отсутствуют во многих регионах Казахстана. Проблемы землепользования привели к утрате влагозащитных функций почвы и снижению эффективности земли. Агрохимический анализ плодородия почв Казахстана, гидрогеологическая оценка, оценка потенциала водных ресурсов целесообразно проводить на постоянной основе с расширением природно ориентированных решений. Геодезические исследования во всех регионах Казахстана оптимально расширить в практическом применении путем распространения программ дуального образования на базе колледжей по локализованному техническому и профессиональному образованию и обучению (ТПОП) во всех регионах Казахстана. Исследование топографии земель Казахстана с помощью подготовки цифровых моделей местности (ЦМР) и определения местоположения потенциального водосборного бассейна для внедрения управляемого пополнения водоносного горизонта MAR целесообразно расширить. Эта стратегия позволит оптимизировать бюджетные расходы правительства Казахстана по расходам на чрезвычайные ситуации (ЧС) наводнений и засух в регионах Казахстана с активным участием самих местных жителей в решение своих местных проблем в регионах. Повышение местной квалификации дуального обучения с финансовыми стимулами для развития лесозащитных полос в регионах Казахстана должна способствовать решению водных проблем на местном уровне. Сочетание эффективных методов накопления воды с учетом рельефа местности с развитием защитных лесозащитных полос должно повысить эффективность стратегий землепользования для устойчивого развития в Казахстане. Ожидается, что эта стратегия уменьшит эрозию почвы, будет способствовать накоплению влаги за счет улучшения качества почвы, почва сможет выполнять функции губки для удержания воды.

Восстановление естественного круговорота воды

Нарушение естественных связей в круговороте воды на суше, включая изменения в испарении, транспирации и конвергенции атмосферной влаги, оказывает существенное влияние на водный баланс, биоразнообразие и стабильность почвенных систем на всей территории Казахстана. Ряд исследований показывает, что локальные изменения с улучшением растительного покрова могут улучшить восстановление малых ручьев и рек [8-18]. Снижение транспирации из-за вырубki лесов приводит к уменьшению количества осадков в Амазонии. В то же время, в качестве противоположного примера, восстановление лесов на Лёссовом плато в Китае сначала

уменьшило, а затем усилило конвергенцию атмосферной влаги [19–27]. Восстановление естественного круговорота воды локально представлено на диаграммах ниже (Рисунки 6–10).

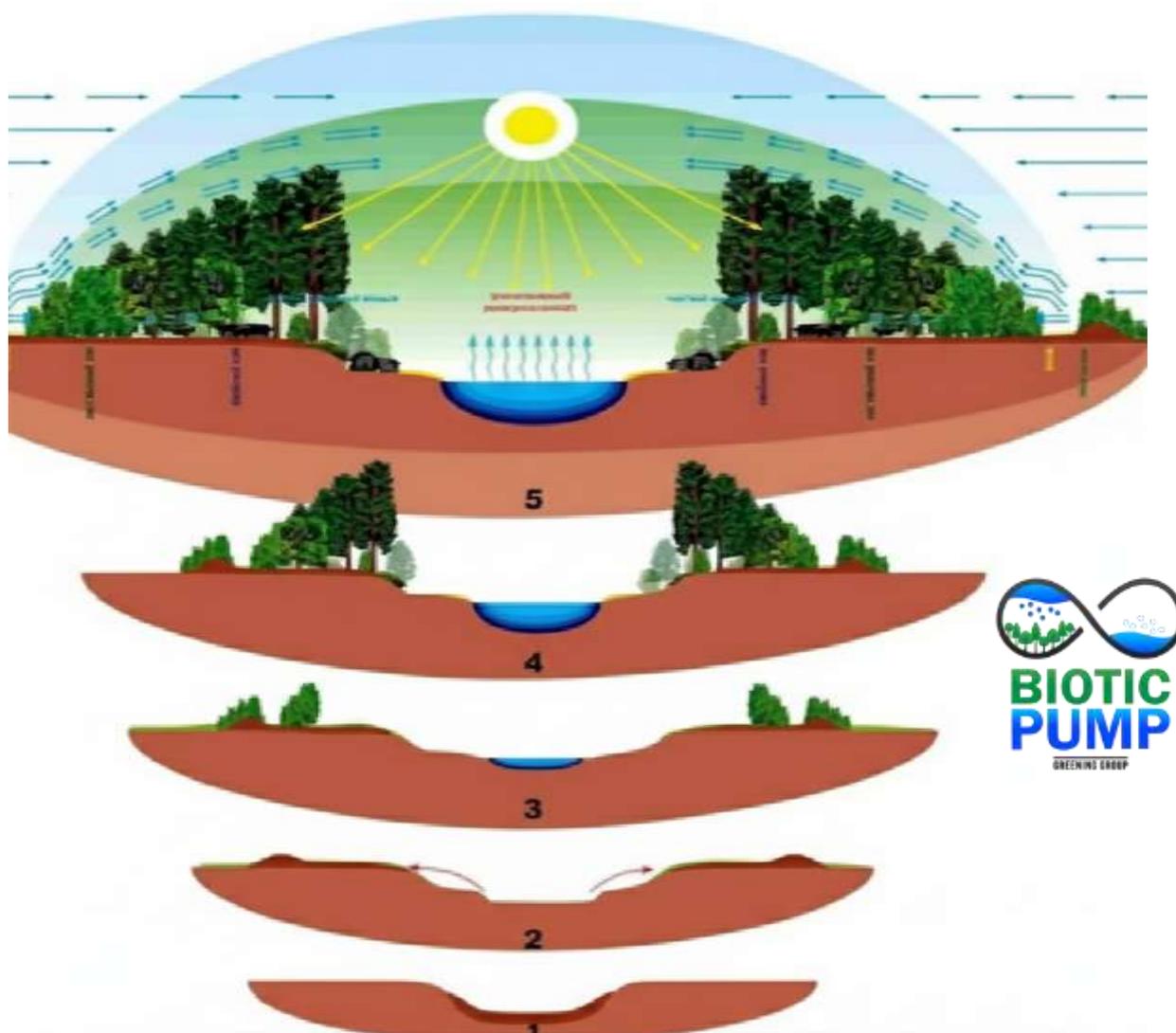


Рисунок 6. Восстановление естественного круговорота воды, модифицированное из [28–30]. Облесение восстанавливает естественный круговорот воды: влага, испаряющаяся с поверхности листьев, повышает атмосферную влажность, что инициирует образование облаков и увеличивает количество осадков. Этот процесс, в свою очередь, усиливает конвергенцию влаги и создает петлю положительной обратной связи, в которой лесные массивы стабилизируют и даже усиливают местный и региональный круговорот воды.

Тогда как в атмосфере, близкой к насыщенной, эвапотранспирация способна одновременно увеличивать как количество осадков, так и приток влаги. Таким образом, древесные насаждения улучшают качество почвы, предотвращают деградацию почв, уменьшают разрушение ландшафта, а также работают над самоподдерживающимся механизмом циркуляции влаги, обеспечивая долгосрочную устойчивость экосистем.

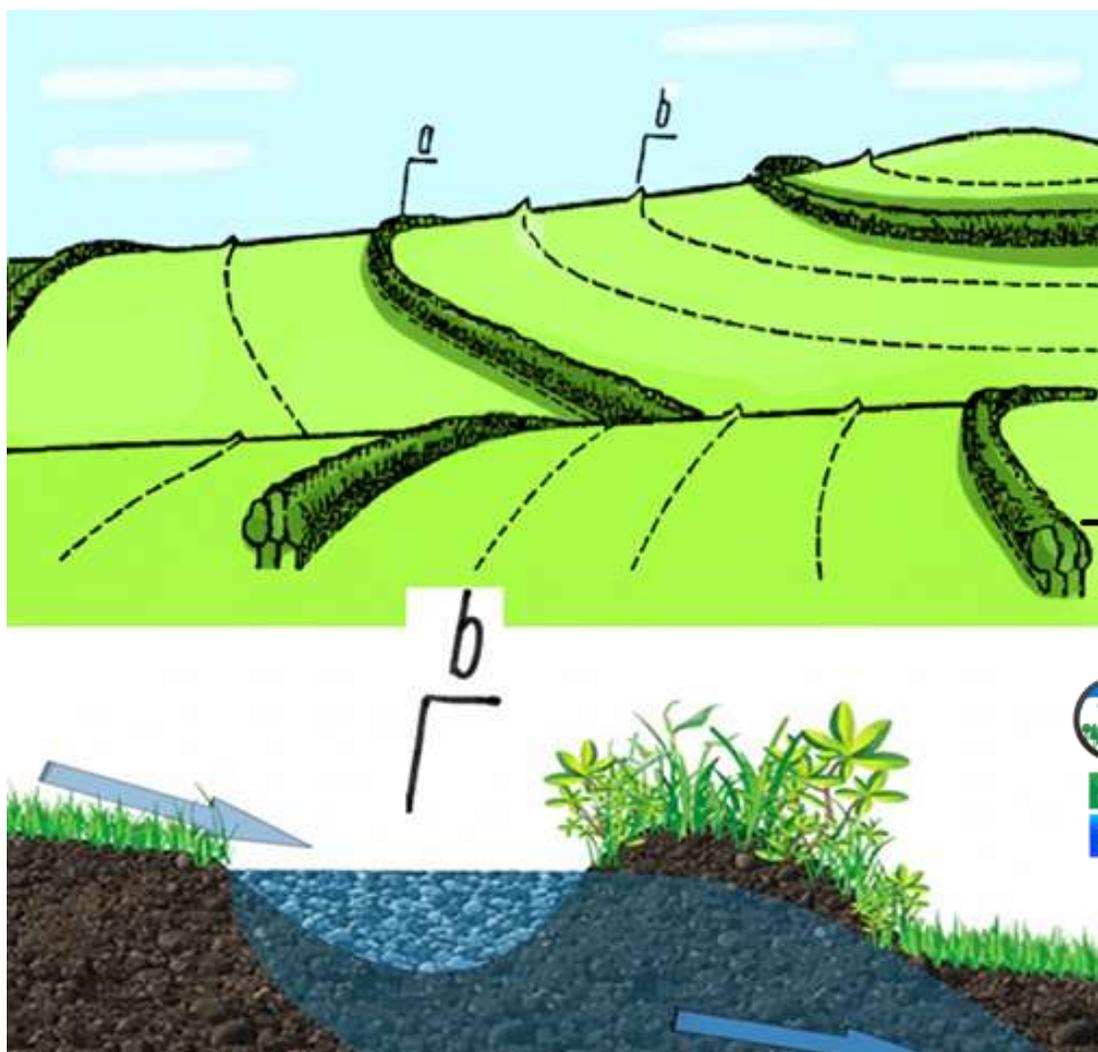


Рисунок 7. Схема устройства лесозащитных полос: а) бERM с небольшими до 40 см канавами; (б) для контурно-полосовой организации земель, для улучшения вода удержания, влагоемкости почвы, улучшения качество и способности почвы абсорбировать воду как губка, модифицировано из [28–30]. В зависимости от уклона местности контурные полосы могут быть шириной от 50 до 500 метров. По границам полосы устанавливаются водоудерживающие насыпи с широкими основаниями и вода поглощающие канавы, заполненные различными органическими отходами, стеблями листьями, остатками от сбора прежнего урожая. Эти водоподпорных насыпи с органическим материалом обустриваются с интервалом от 250 до 500 метров. Внутри канав с органическим наполнителем, происходят интенсивные процессы биологического разложения, повышается температура, увеличивается количество дождевых червей. Цель улучшения почвы заключается в том, чтобы почва превращалась в природную губку, способную абсорбировать воду, работая как фильтрующая технология воды. Функционируя круглогодично, органическая почва хорошего качества будет готова к приему атмосферных осадков, паводковым водам, к хранению воды, по своей способности абсорбировать воду как губка, превратившись в естественная природную почву-губку. Этот естественный гидрологический режим реализуется в природном биоценозе. Этот

основной процесс связан с поверхностной гидрологией из всей совокупности природных процессов, существующих в биоценозах. Ширина полос зависит от климатических, экологических, почвенных условий, угла наклона и вида склона, количества и характера осадков, характеристик снежного паводка, глубины промерзания почвы [28-31].

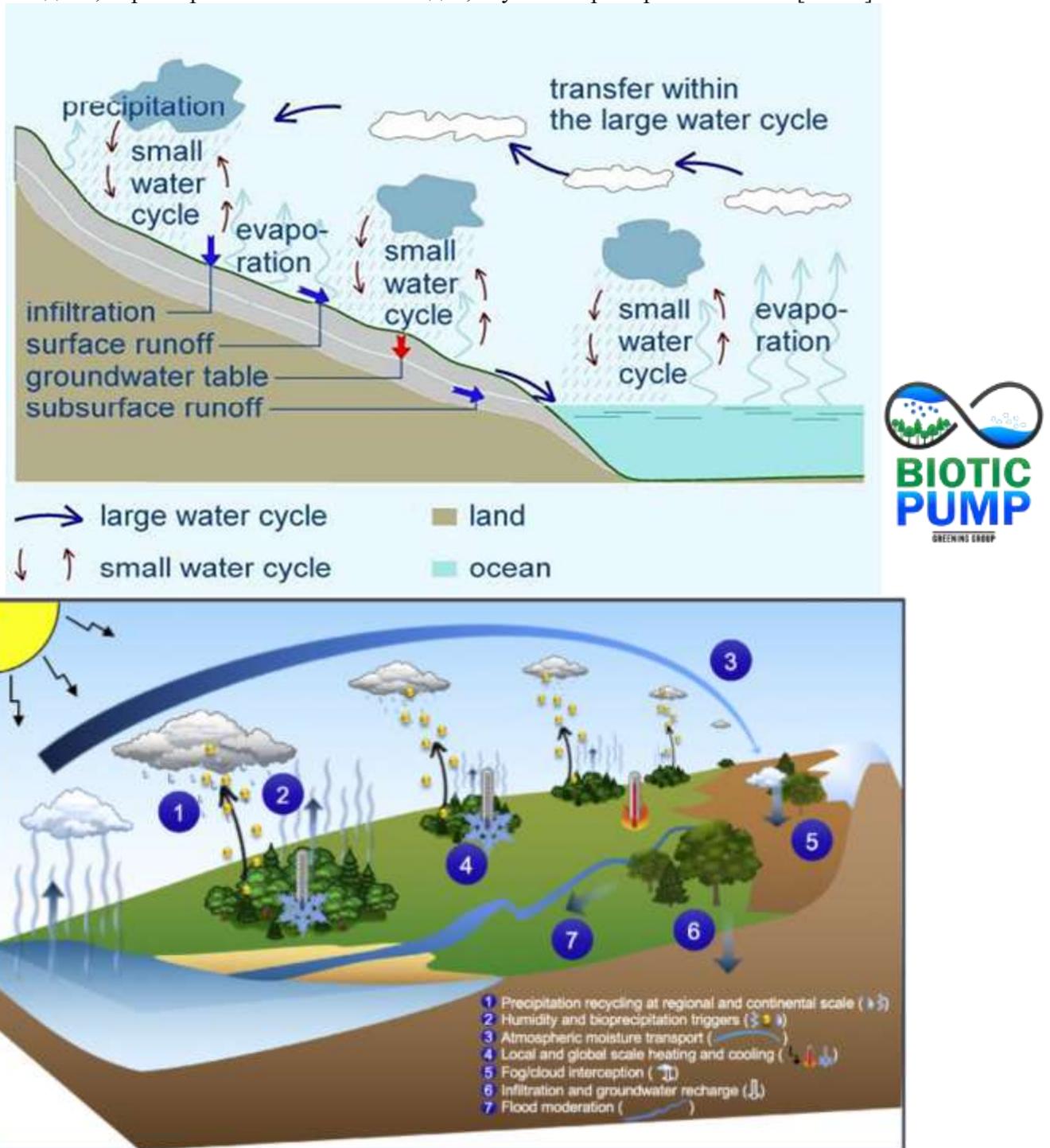


Рисунок 8. Сочетание лесных насаждений с локализованной водно-болотной системы создает циркуляционную систему биотического насоса Biotic Pump, приводимую в действие биологическими процессами. Деревья могут влиять на атмосферные процессы,

цикличность осадков, поглощаемых деревьями, и возвращая испарения воды в атмосферу через эвапотранспирацию для дальнейшего круговорота. Эвапотранспирация создает низкое атмосферное давление, эффект затягивая втягивания смешивания водяного пара из атмосферы. Повышенное количество эвапотранспирации вызывает снижение атмосферного давления по мере формирования облаков, что впоследствии приведет к тому, что влажный воздух будет притягиваться в регионы, где эвапотранспирация в больших количествах [32,33]

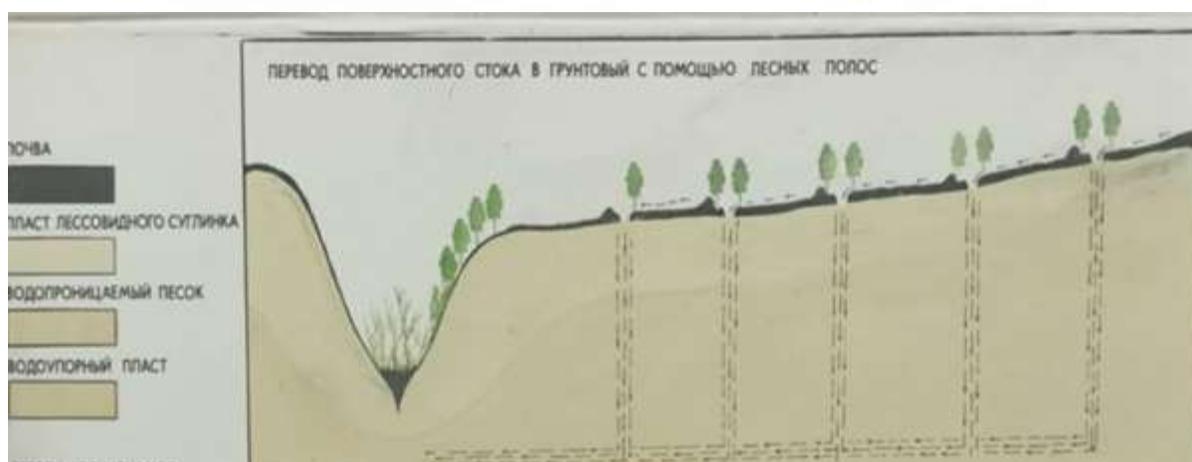
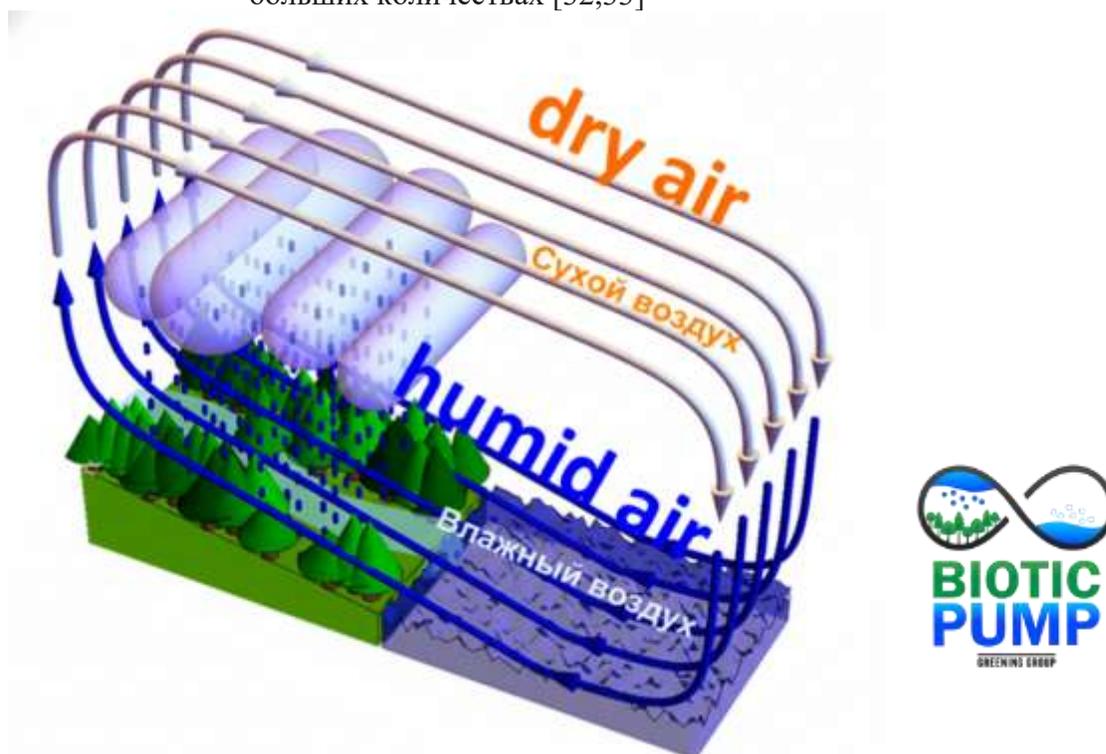


Рисунок 9. Биотические насосы Biotic Pump работают на водно-болотных угодьях, совмещенных с деревьями. Вода притягивает воду. Деревья сохраняют площадь почвы водно-болотных угодий с достаточной влагоемкостью, чтобы завлекать влагу облаков. Устойчивое управление земельными ресурсами, планирование контурных полос деревьев и подходы почвенных грядок будут способствовать усилению работы биотических насосов

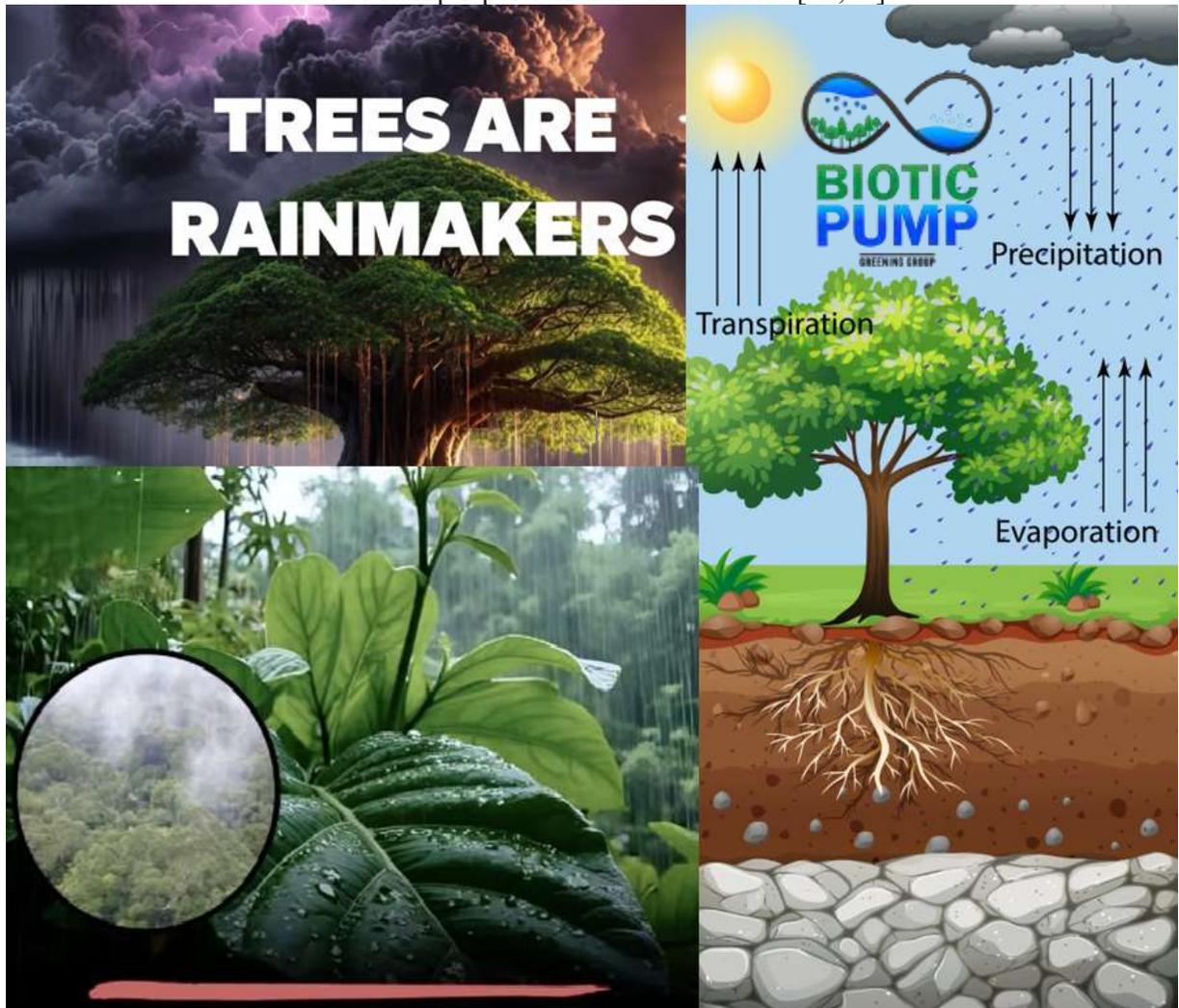


Рисунок 10. Деревья способствуют завлечению влажности от облаков, увеличивая вероятности дождей на локализованной местности, за счет эвапотранспирации. Деревья производят гидроскопичные микроорганизмы в своих листьях в летучих органических веществах. Эти микроорганизмы дрейфуют вверх в атмосферу, образуя микросреду, аналогично микрочастицам катион-анион, микро энергия, микро положительная «+» энергия привлекает микро минус «-», как магнит, создавая микрочастицу по осадкам, происходит конденсация водяного пара в капли, эвапотранспирация деревьев соединяется с парами облаков, способствуя созданию дождей. Деревья выделяют химические соединения, называемые летучими органическими соединениями (ЛОС), которые могут образовывать аэрозольные частицы, действующие как ядра конденсации облаков (ЯКО). Эти гигроскопичные частицы притягивают водяной пар, позволяя ему конденсироваться и сгущая утяжеляя облачность соединения аналогично микрочастицам катион-анион, превращая в капли, приводящие к выпадению осадков дождей на местности.

Микроорганизмы, живущие на листьях или в листьях вносят свой вклад в этот процесс. *Деревья выделяют ЛОС:* Деревья выделяют большое количество ЛОС в атмосферу. Тип и количество выбрасываемых ЛОС зависят от таких факторов, как порода деревьев, время

года и условия окружающей среды. *ЛОС образуют частицы*: эти ЛОС могут вступать в реакцию с другими атмосферными химическими веществами, такими как озоновые слои, и образовывать новые аэрозольные частицы. *Микроорганизмы на листьях*: Микробы на поверхности листьев также являются источником аэрозолей и вносят свой вклад в атмосферную нагрузку частицами. *Частицы становятся ЯКО*: образующиеся частицы представляют собой крошечные микрочастицы, которые очень эффективно притягивают молекулы воды, делая их гигроскопичными. *Образование облаков*: эти микрочастицы служат «семенами» для облаков, обеспечивая атмосферу, на которой водяной пар может конденсироваться в крошечные капли. *Осадки*: По мере того, как эти капли растут и насыщаются, они выпадают в виде дождя [34]

Режимы осадков в Казахстане

Объемы осадков в регионах Казахстана сильно различаются. Тем не менее, наибольшее перспективные возможности по использованию годовых осадков связано с использованием таящего снега во многих регионах Казахстана, около 70–80%, от годового общего количества 300–400 мм [35,36]. Это означает, что для Казахстана будет целесообразно расширить технологии, связанные с паводковыми водами, более ранними программами накопления снежных паводковых вод с улучшением инфраструктуры накопительных прудов с контурно полосной организацией земель, соединенных с технологиями MAR (Рисунок 11).

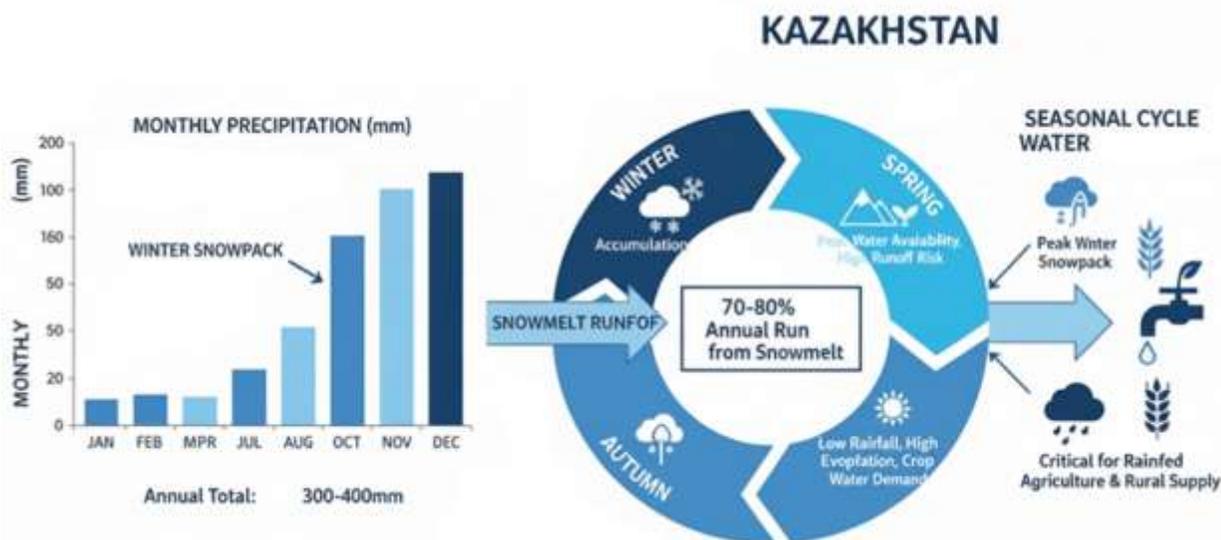


Рисунок 11. Режимы осадков в Казахстане очень изменчивы, их общее количество составляет около 350 мм осадков в год. Около 75 % годового стока приходится на талые паводковые воды, которые направляются на развитие рациональной системы сбора воды от снежного паводка, с прудами-накопителями сельскохозяйственных угодий, подключенными к МАК, с мероприятиями по улучшению инфраструктуры накопления паводков [35, 36].



Основные причины потерь воды в рамках гидрологической системы Казахстана обобщены и представлены в этой диаграмме и таблице с направлениями улучшения [37, 38].

Сцена	Источник входного сигнала	Путь использования	Статус/Вызов
I. Источник	Снег/дождь/таялая вода	Ввод осадков	Сильно изменчивый, низкие итоги, пиковый сток весной, таяние снега плохо собирается.
II. Сбор/захват	Поверхностный сток	1. Хранение в реках/водохранилищах	Высокие потери от неэффективной транспортировки (просачивание/испарение), плохое хранение почвы.
	Инфильтрация почвы	2. Влажность почвы (богарная)	Высокие потери от поверхностного стока и высокая испаряемость, конденсация грунта низкого качества.
	Глубокая инфильтрация	3. Пополнение подземных вод	Медленные, часто ограниченные высоким уплотнением почвы, отсутствием стратегий почво просачивания.
III. Распределение	Хранящаяся вода	Спрос на сельскохозяйственную продукцию (доля 63%)	Низкая эффективность использования воды (WUE); Опора на устаревший подход к орошению паводковых каналов.
	Извлеченная вода	Спрос и предложение в сельской местности	Утечки инфраструктуры и плохое лечение; устаревшая, сезонная ненадежность
IV. Исход	Использование воды	Урожайность/доступ к воде	Высокая зависимость от годовой влажности; нестабильность урожайности; неэффективное использование воды.

ГИС поддержка для внедрения MAR в Казахстане

Неоднородность ландшафта, различия в свойствах почв и различия в гидрологическом режиме регионов Казахстана требуют диагностики мониторинге исследований по выбору мест для создания MAR, которые считаются эффективным методом восстановления водных экосистем во многих странах [19–20]. Современные Геоинформационные системы (ГИС) технологий дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) картографии эффективны для задач по продвижению программ MAR. ГИС-ДЗЗ применяются для многофакторного модельного анализа, включающего исходные данные, такие как топография, почва, геология, гидрологический режим, климатические параметры [21]. Такой подход позволяет выявлять модели устойчивого взаимодействия между природными и социально-экономическими системами, формируя полезные проекты стратегий рационального землепользования. Интеграция организации лесных контурно-полосных земель с методологией MAR расширяет возможности для стратегий устойчивого землепользования. С одной стороны, лесозащитные полосы деревьев и кустарников вдоль контуров рельефа повышают эффективность инфильтрации и снижают эрозию, усиливая потенциал пополнения подземных вод MAR. С другой стороны, систематический анализ с использованием ГИС и ДЗЗ позволяет более эффективно определить надлежащие зоны и районы для более эффективного проектирования, как с точки зрения водного баланса, так и с точки зрения предотвращения деградации экосистем. Такой междисциплинарный подход отвечает современным вызовам, объединяя достижения экологии, гидрологии и геоинформационных технологий для разработки стратегий устойчивого восстановления ландшафтов. Данные ГИС ДЗЗ анализируются методом Процесс аналитической иерархии (ПАИ) для выявления территорий с высоким потенциалом восполнения подземных вод. Этим методом ПАИ определяются наиболее перспективные направления для организации территорий MAR, а также оценки веса и ранжирования различных геопространственных факторов в зависимости от их влияния на эффективность инфильтрации и накопления подземных вод. Землепользование в сочетании с анализом рельефа, почвы и гидрогеологии для локализованных участков MAR и интеграцией лесозащитных полос способствует уточнению стратегий землепользования в интересах устойчивого развития. Эта стратегия успешно применяется во многих странах мира, но требует продвижения в Казахстане. В Черноземной зоне России восстановление лесозащитных полос в сочетании с контурно-полосной организацией земель позволило значительно снизить ветровую и водную эрозию, улучшить водный баланс, повысить урожайность зерновых культур на 15–25%. Особенно высокую эффективность показал комплексный подход, включающий рекультивацию почвы и террасирование склонов [39–41]. В Канадских прериях технологии MAR активно используются в сочетании с защитными полосами и пастбищными системами. Такие решения позволили улучшить водоудерживающую способность почвы, снизить сезонный дефицит влаги и повысить продуктивность сельскохозяйственных земель, особенно в условиях нестабильных режимов осадков [42–44]. В северо-западных районах Китая интеграция защитных полос, террасных склонов и систем MAR привела к снижению засоления почв и восстановлению продуктивности сельскохозяйственных земель. Сочетание агроландшафтных мероприятий и технологий MAR доказало высокую эффективность в управлении водными ресурсами и адаптации сельского хозяйства к частым засухам [45–47].

Комплексное применение контурно-полосовой организации земель с технологиями MAR и внедрение лесозащитных полос способствует улучшению стратегий землепользования для устойчивого развития с эффективной адаптацией к изменению климата, где весенние паводки чередуются с периодами летней засухи [45–47]. Данные ГИС ДЗЗ в сочетании с ПАИ начали применяться для исследовательских работ путем картирования потенциала управляемого пополнения водоносных горизонтов MAR в Казахстане [48]. MAR остается мало используемой стратегией в Казахстане, несмотря на ее потенциал для решения проблем устойчивости водных ресурсов. Многокритериальная структура анализа решений ПАИ, пять различных физических критериев были интегрированы и визуализированы в рамках ГИС для определения внутреннего потенциала MAR в исследовании Германо-Казахстанской группы исследователей [48]. На карту потенциала MAR были наложены данные ДЗЗ, определяющие потенциальные источники воды и модели ее использования. Это наложение способствовало выявлению приоритетных областей с потенциалом для дальнейшей оценки реализации MAR (рисунок 12).

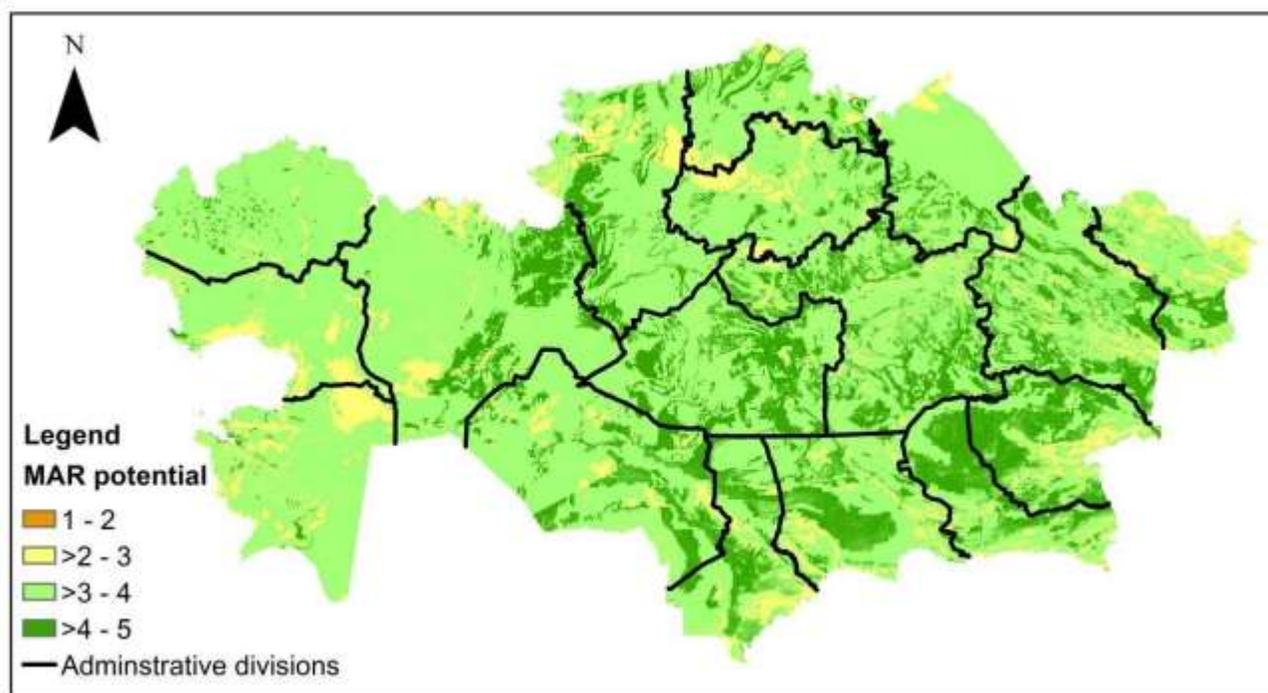


Рисунок 12. Возможности продвижения MAR для Казахстана [48] с индексом от 1 до 5 с применением взвешивания по критериям методом попарного сравнения ПАИ на платформе INOWAS, <https://www.inowas.com/>

Группа исследователей из Казахского аграрного университета [49] разработала и применила методологию на основе ГИС-ДЗЗ для расчета количества снега, оценки паводковых вод методом оценки эквивалента снега - воды (ЭСВ) и определения местоположения MAR для Северо-Казахстанской области (рис. 13,14).

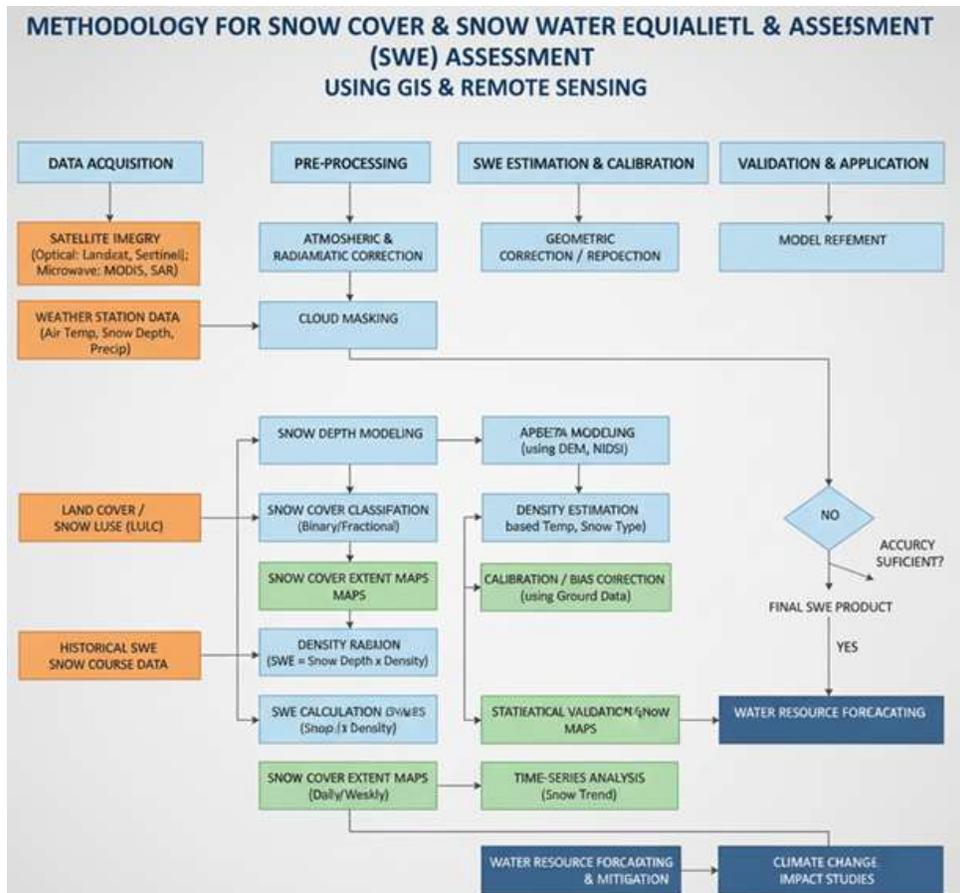


Рисунок 13. Методология на основе RS-GIS для расчета количества снега, оценки паводковых вод по оценке эквивалента снеговой воды (SWE) и определения местоположения САХР для Северо-Казахстанской области [49].

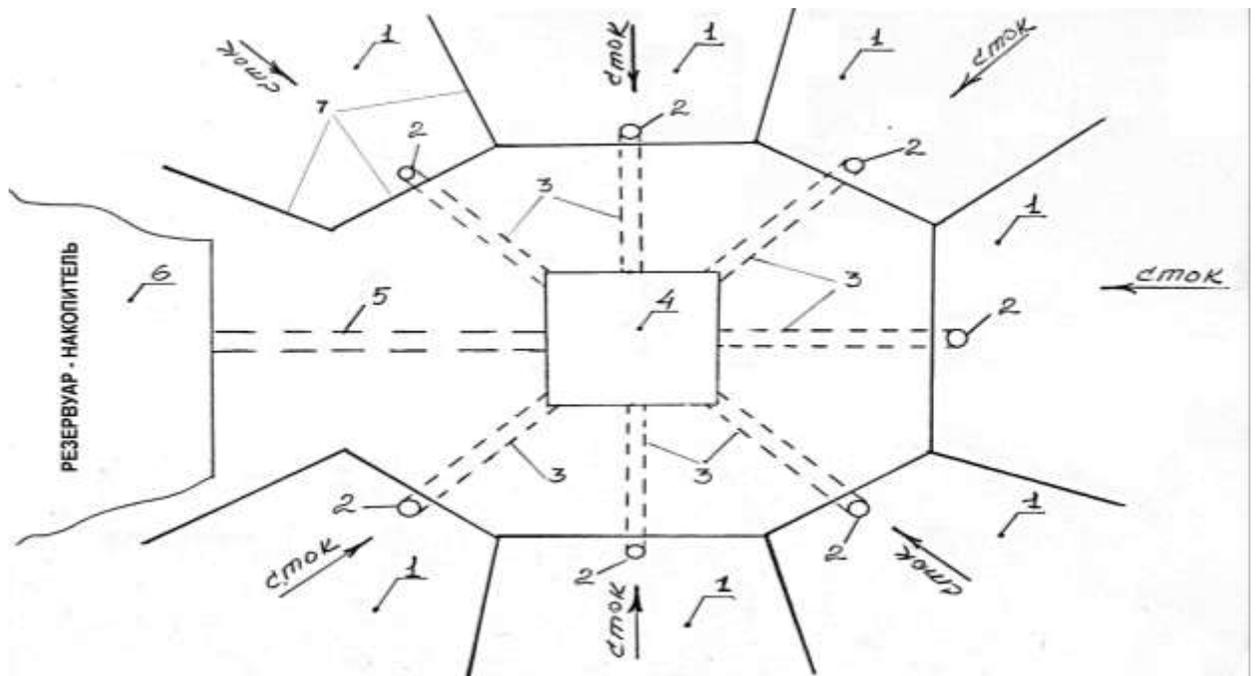
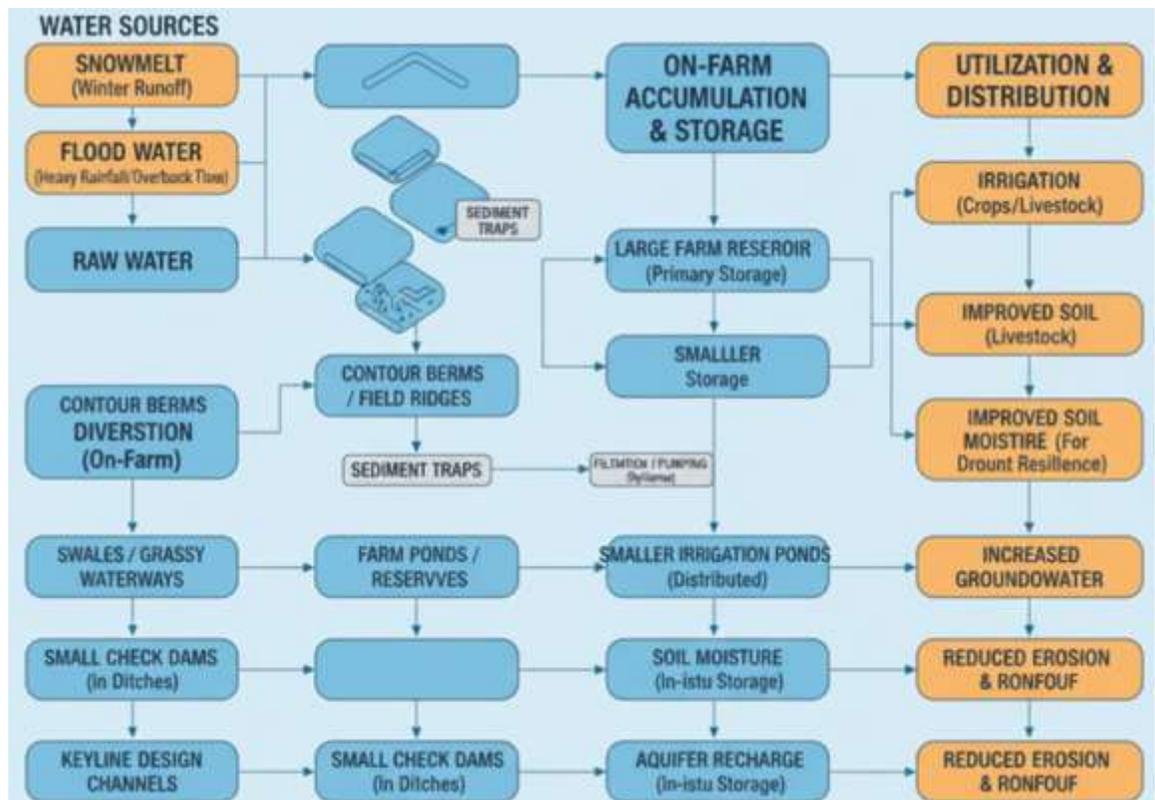


Рисунок 14. Технологическая схема сбора и накопления талого снега паводковых вод: 1 – водонепроницаемый материал (например, геомембрана); 2 - водяные скважины; 3 – подземные трубопроводы; 4 – колодец для забора воды; 5 – подземный канал, 6 – накопительный бак; 7 – снега удерживающие щитки [49]

Расширение международного сотрудничества по Природно ориентированным программам.

Многие страны уделяют особое внимание адаптации природных решений для улучшения экосистем, повышения способности почв удерживать воды аналогично губки по повышению устойчивости водных ресурсов. К числу таких решений относятся традиционные практики контурно-полосной организации земельных участков, предполагающие размещение лесных и кустарниковых насаждений по контурам рельефа. Эта практика снижает эрозию почвы за счет формирования растительности по контуру гребней рельефа, которые действуют как барьеры для поверхностного стока, уменьшая скорости перемещения потоков воды, снижая эрозию почвы и увеличивая инфильтрацию воды в подземные водоносные горизонты. Контурное земледелие получило широкое распространение во многих странах мира как эффективная стратегия минимизации эрозии почвы и предотвращения заиливания водоемов. Одна из основных задач продвижения таких технологий это уменьшение количества взвешенных твердых частиц и отложений в стоках. Эти мероприятия стабилизируют гидрологический режим и способствуют восстановлению качества почв [50-54]. Для Казахстана по изучению международного опыта по Природно ориентированным программам целесообразно расширить сотрудничество с Корейско-Монгольской группой продвигающие программы в области повышения устойчивости земель Монголии. Казахстан нацелен посадить 3,5 миллионов деревьев [55], в то время как Монголия продвигает в 300 раз большую программу по посадке 1 миллиарда деревьев [56]. Монголия интенсивно изучает опыт других стран, в том числе экспертизу Южной Кореи в продвижении Корейско-Монгольского проекта по восстановлению зеленого пояса, созданию распределенной сети адаптированных к Монголии участков выращивания с разным климатом, разными почвами, а также местных селекционных растений с гибридами Корейских деревьев. Южная Корея финансирует эту программу стоимостью 10 миллионов долларов США по созданию сети участков для выращивания деревьев, а также обучение местных жителей Монголии [57]. Южная Корея использует Монгольские подземные воды, которые имеют большие запасы подземных вод, на подземные воды имеют высокую щелочность до pH 8,6. Технологии уменьшения щелочности воды от pH 8,6 до pH 6,5, благоприятного для растительности, осуществляются на основе ионного натрий-катионного обмена химических реакций (ионы, образующие жесткость воды, в том числе кальций, магний убираются). Правительство Монголии инвестирует 1% ВВП в эту программу на реализацию программы «1 миллиард деревьев» [58] и создало стимулы для монгольских горнодобывающих компаний инвестировать и поддерживать Монгольских фермеров в программах по выращиванию деревьев. Эта Монгольская программа «1 миллиард деревьев» [56] интегрирована и продвигается вместе с Монгольской программой по водным ресурсам. Проект по созданию 333 накопительных прудов по всей территории Монголии [59] подготавливается одновременно с продвижением программы по выращиванию 1 миллиарда деревьев [56]. Чешский университет Менделя в Брно в сотрудничестве с Канадскими партнерами из Университета Манитобы, Монгольского университета науки и технологий, Немецкого Монгольского института ресурсов и технологий работают также по проблемам деградации лесных экосистем, опустынивания, загрязнения окружающей среды. Основная цель – помочь Монголии в лесоводстве, уменьшение последствий опустынивания, повышении устойчивости Монголии в

природно ориентированными программами [59]. Монгольская программа в 1 миллиард деревьев очень сложна. Деревья нуждаются в воде, именно поэтому Монголия работает над подготовкой водоснабжения с Южной Кореей [57], в сочетании с программой 333 накопительных прудов по всей территории Монголии [58]. Эти проектные программы являются сложными и требуют как больших финансовых усилий, так и вовлечения местного Монгольского населения. Монголия, помимо изучения Корейского и Чешского опыта, также изучает опыт Бутана, который имеет большой опыт в продвижении Природно ориентированных программ, контурно-полосной организации земель и вовлечении населения в процессы сохранения и восстановления Природы. Программа лесонасаждений является ключевой Природоохранной инициативой Бутана по устойчивому управлению лесами по адаптации к изменению климата, уменьшения загрязнений и утраты биоразнообразия. С 1947 года Королевское правительство Бутана уделяет приоритетное внимание охране окружающей среды, в том числе путем проведения различных мероприятий по восстановлению лесов. По состоянию на 30 июня 2024 года в Бутане создано около 20 161 гектара лесных плантаций, обеспечивающих лесной покров на 69,71% территории Бутана, превышающий конституционный предел в 60%, и позволяющих Бутану достичь статуса углеродно-отрицательного региона. В то же время выборочная оценка программ лесонасаждений в нескольких регионах и лесных департаментах Бутана показала, что средняя приживаемость деревьев составляет всего 56%. Низкий уровень приживаемости объясняется отсутствием ухода, обслуживания и контроля после посадки деревьев. В Бутане требуется, чтобы любые предложения по лесонасаждениям, представляемые центральными или местными органами власти, включали в себя всеобъемлющий пятилетний план по уходу за деревьями и их поддержанию [60]. В Бутане отвергают финансирование простой посадки деревьев без обоснованного 5-летнего плана заботы выращивания деревьев. Монголия изучает опыт Канады по вовлечению местного населения в программы по деревьям с детства, уважительное отношение к деревьям с детства, программы по выращиванию деревьев с любовью, такие как British Petroleum (BP) BirthPlace Forests [61], где дети более ответственно относятся к деревьям с рождения, заботятся о выживаемости деревьев по аналогии заботы о братьях и сестрах (Рисунок 15).



Рисунок 15. Программы Канады, Бутана, которые в адаптации Монголии, по вовлечению

населения в заботу о природе с раннего детства идентичны, особенно в начальной фазе выживания деревьев до 5 лет. Если дерево смогло вырасти в течение 5 лет, то дерево может расти самостоятельно, используя свою корневую систему. Это по аналогии, воспитывать ребенка до 18 лет, до совершеннолетия. Программа BP Birthplace Forests был запущен BP Canada, чтобы родители каждого новорожденного смогли посадить дерево в честь своего ребенка в парках для новорожденных Канады [61].

В Австралии хорошо развита система поддержки аграрного сельского хозяйства с системой персонализированного обслуживания в отдаленных сельских районах, включая коренные народы аборигенов, с регулируемым вниманием к системе охраняемых водно-болотных угодий. Нынешняя политика Австралии была начата в 90-х годах. С 2000 года потребление воды на одну культуру быстро снизилось [62,63]. За десять лет показатель использования воды снизился в 2,5 раза. В то же время объем производства сельскохозяйственной продукции в Австралии не претерпел существенных изменений. Валовой доход от аграрного бизнеса в Австралии продолжает расти. В Казахстане отсутствует такая эффективная программа водопотребления; Производительность аграрной продукции Казахстана напрямую связана с объемом потребления воды. Сельское хозяйство движется к истощению ресурсов, осушению болот и опустыниванию земель в Казахстане. Информационная система объектов сети поверхностных и подземных вод в Казахстане развита слабо, по сравнению с Австралией. Система объектов поверхностных и подземных водных ресурсов взаимосвязана, а все данные прозрачны и доступны для всех жителей Австралии. В Австралии у местных жителей больше стимулов для более эффективного использования воды. В Австралии больше стимулов для сбора воды в сезоны паводков, сильных осадков и разработки технологий подпитки подземных управляемых водоносных горизонтов MAR. Эта стратегия позволяет уменьшать последствия стихийных бедствий по наводнениям за счет хранения воды с низкими потерями и использования воды во время засух. В Казахстане водные ресурсы считаются менее ценными по сравнению с энергоресурсами и деятельностью промышленности. В Казахстане практически отсутствует и слабо регулируется право собственности на водные ресурсы, разделение технической и ценной питьевой воды. Вода в Австралии – это актив и средство заработка. В Австралии каждый гражданин имеет право владеть определенным количеством водных ресурсов. Вода типичного бассейна является собственностью каждого человека, проживающего в его водосборном бассейне. Каждый житель имеет право на определенное количество воды. Для инжиниринговых компаний становится рациональным строительство водохозяйственных сооружений для сохранения водных ресурсов во время паводков, защиты воды и последующего предложения собранной воды на рынке тем регионам, где есть спрос [62,63]. В Казахстане отсутствует бассейновая система стимулов и вовлечение местного населения в развитие устойчивости общего бассейна и право собственности на водные ресурсы у простых людей в том или ином бассейне. Каждый фермер старается максимально использовать воду из общего Казахстанского бассейна без стимулов для восстановления или сохранения воды. Вода в Казахстане недооценивается как ресурс. У простых Казахстанцам мало стимулов для экономии воды, чтобы получать финансовую прибыль от эффективного использования. Создание условий для заработка простых людей на экономии воды позволит более

эффективно использовать водные ресурсы в Казахстане. Также из государственного бюджета Казахстана предусмотрены значительные расходы на случай чрезвычайных паводковых засушливых ЧС. Совершенствование страхования воды с ЧС сможет влиять на улучшение устойчивости водных ресурсов Казахстана [64].

Канадско-Американский комитет по трансграничному бассейну [65] координирует программы водных проектов, включая финансовое и эффективное использование водных ресурсов, жителями, фермерами, представителями коренных народов, проживающими в трех штатах США – Миннесоте, Северной и Южной Дакоте и Канадской провинции Манитоба. Жители, фермеры, представители коренных народов активно участвуют в решении совместных проектов программ по эффективному использованию водных ресурсов. Гражданские общества по защите природных интересов, флоры и фауны, активно участвуют в управлении водными ресурсами. Сильный местный потенциал специалистов по водным ресурсам в управлении своими водными ресурсами с финансовой и технической подготовкой Технические специалисты в аффилированных колледжах предоставляют услуги технического и профессионального образования и обучения (ТПОП) на постоянной основе. Постоянное и удобное для пользователя смешанное обучение на протяжении всей жизни, связанное с водными вопросами, предоставляется всем в бассейне реки Канада-США. Сельские библиотеки интенсивно используются для проведения регулярных встреч, семинаров, информационной поддержке населения по бассейновым водным программам [65]. Канадско-Американский бассейновый комитет поддерживает все базы данных открытыми и доступными для всех. Информация о каждом проекте и группе, ведущей проект, на открытом веб-сайте. Например, в бассейне жители, фермеры, решили расширить использование LIDAR, Лидар технологии дистанционного зондирования использующие импульсы света лазеры для подготовки цифровых моделей рельефа (ЦМР) высокого разрешения 50 см, для создания топографических карт, планирования земельных участков для фермеров, моделирования наводнений и засух. На это было потрачено 5 миллионов долларов, из них часть из 3 миллионов долларов — от местных фермеров и 2 миллиона долларов — от провинциальных государственных администраций. Данные Лидара в открытом доступе доступны для скачивания всем желающим. Доступные обучающие программы по использованию Лидара открыты для всех желающих, с программами моделирования по прогнозированию изменения климата и адаптации к нему [65]. Для эффективного использования накопления дренажных и паводковых вод бассейновый комитет использует интенсивное моделирование, консультируясь с фермерами Канады и США, определяет регион, где будет оптимально создать накопительные пруды для пополнения подземных водоносных горизонтов по подготовке к наводнениям, Flood-MAR [66].

Международная сеть бассейновых организаций INBO <https://www.inbo-news.org/> будет очень полезной для Казахстана, если бы Министерство водного хозяйства и ирригации Республики Казахстан присоединится и станет активным членом INBO. Казахстану сложно напрямую решать бассейновые вопросы с Китаем, но, участвуя в Сети бассейновых организаций INBO <https://www.inbo-news.org/>, Казахстан может общаться и вести переговоры более

эффективно, с меньшими финансовыми затратами и более цивилизованным образом через такую сеть. Президент Казахстана К-Ж.К. Токаев расширяет Региональный центр ООН по Целям устойчивого развития для Центральной Азии и Афганистана. <https://www.akorda.kz/ru/prezident-kasym-zhomart-tokaev-i-generalnyy-sekretar-antoni-guterrish-posetili-regionalnyy-centr-oon-v-almaty-373245>. Эта инициатива предоставляет значительные возможности для более активного участия местных сообществ в Казахстанских селах в продвижении устойчивых программ для Казахстана. Казахстан сталкивается с проблемами со специалистами в области управления водными ресурсами и бассейнами. Несмотря на вызовы, стоящие перед водными ресурсами, промышленность и все жители Казахстана обращаются к Президенту Токаеву и Министерству водного хозяйства и ирригации Республики Казахстан для решения местных бассейновых проблем, связанных с водными ресурсами, наводнениями и засухами. В то же время, участвуя в Международной сети бассейновых организаций (<https://www.inbo-news.org/>), Казахстан может оптимизировать бюджетные расходы за счет вовлечения местного населения в решение местных проблем на уровне бассейнов, изучения международного опыта, а также продвижения естественных решений для адаптации к изменению климата и восстановления экосистем на уровне бассейнов. Местный опыт в селах и обучение в Казахстанских колледжах плохо развиты для поддержки программ ООН, инициированных Президентом Токаевым, включая продвижение бассейнового управления на местном уровне и способность рационально расходовать бюджетные средства на местном уровне для решения местных проблем наводнений и засухи. В своем обращении по вопросам реализации стратегически важных государственных задач Президент Касым-Жомарт Токаев отметил, что «70% казахстанских работодателей недовольны квалификацией выпускников наших колледжей». Учитывая эти вызовы, Президент Токаев объявил 2025 год Годом рабочих профессий для укрепления программ профессионального развития. Для вовлечения местного населения в местные бассейновые программы управления, для Министерства водного хозяйства и ирригации Республики Казахстан будет целесообразно присоединиться к Международной сети бассейновых организаций INBO (<https://www.inbo-news.org/>) для продвижения природных решений по адаптации к изменению климата и восстановлению экосистем на уровне бассейнов, поддержать инициативы Президента Токаева по продвижению устойчивых программ ООН в Казахстане. К участию в таких программах оптимально вовлечь сельские колледжи Казахстана, такие как Государственный бюджетный колледж «Коксуский политехнический колледж» Управления образования Жетысусского района. Международная сеть бассейновых организаций INBO предоставляет различные виды поддержки ТПОП, в том числе Природно ориентированные программы с инновационным финансированием <https://www.inbo-news.org/events/webinar-on-nature-based-solutions-and-innovative-finance/>, <https://zhetysutv.kz/ru/koksuskij-politehnicheskij-kolledzh-prinimaet-opyt-zarubezhnyh-kolleg-dlya-podgotovki-spezialistov-po-vodnym-resursam-45855/> <https://youtu.be/2vi75468Ohg>

Венгрия активно участвует в работе Международной сети бассейновых организаций INBO через региональную сеть ЕВРО-МСБО, а также в мероприятиях и инициативах, направленных на комплексное управление водными ресурсами на уровне бассейнов.

<https://unece.org/media/news/385244> , <https://unece.org/water-global-workshop-2023-budapest>,

Казахстан продвигает программу строительства города Алатау-Сингапур на берегу Капшагайского водохранилища в Алматинской области. Сложности в продвижении этой программы в том, что почва, земля голая пустая, растительность плохо растет в этом регионе, на продвижение этой программы требуется очень большое количество воды. Вода будет забираться из Капшагайского водохранилища, реки Или, являющейся основной артерией, основным источником воды для озера Балхаш, обеспечивающая около 70% притока Балхаша. Основная часть годового стока реки Или, более 70 % формируется на территории Китая, где Китай забирает основную часть воды реки Или. Китайский сбор воды из реки Или в комбинации с программой Казахстана по строительству города Алатау-Сингапур на берегу Капшагайского водохранилища в Алматинской области, увеличивают риск высыхания реки Или, что повлечет риск высыхания озера Балхаш. Эта программа сконцентрированы в одном малом регионе, продвигая интенсивную урбанизацию региона Алматы, что является мало устойчивой стратегией Казахстана (Рисунок 1). В аналогичных инициативных программах другие страны, в том числе Монголия, Бутан, Словакия, Чехия, Венгрия, Канада, пытаются рассредоточить нагрузку и пытаются осваивать всю территорию своих стран.

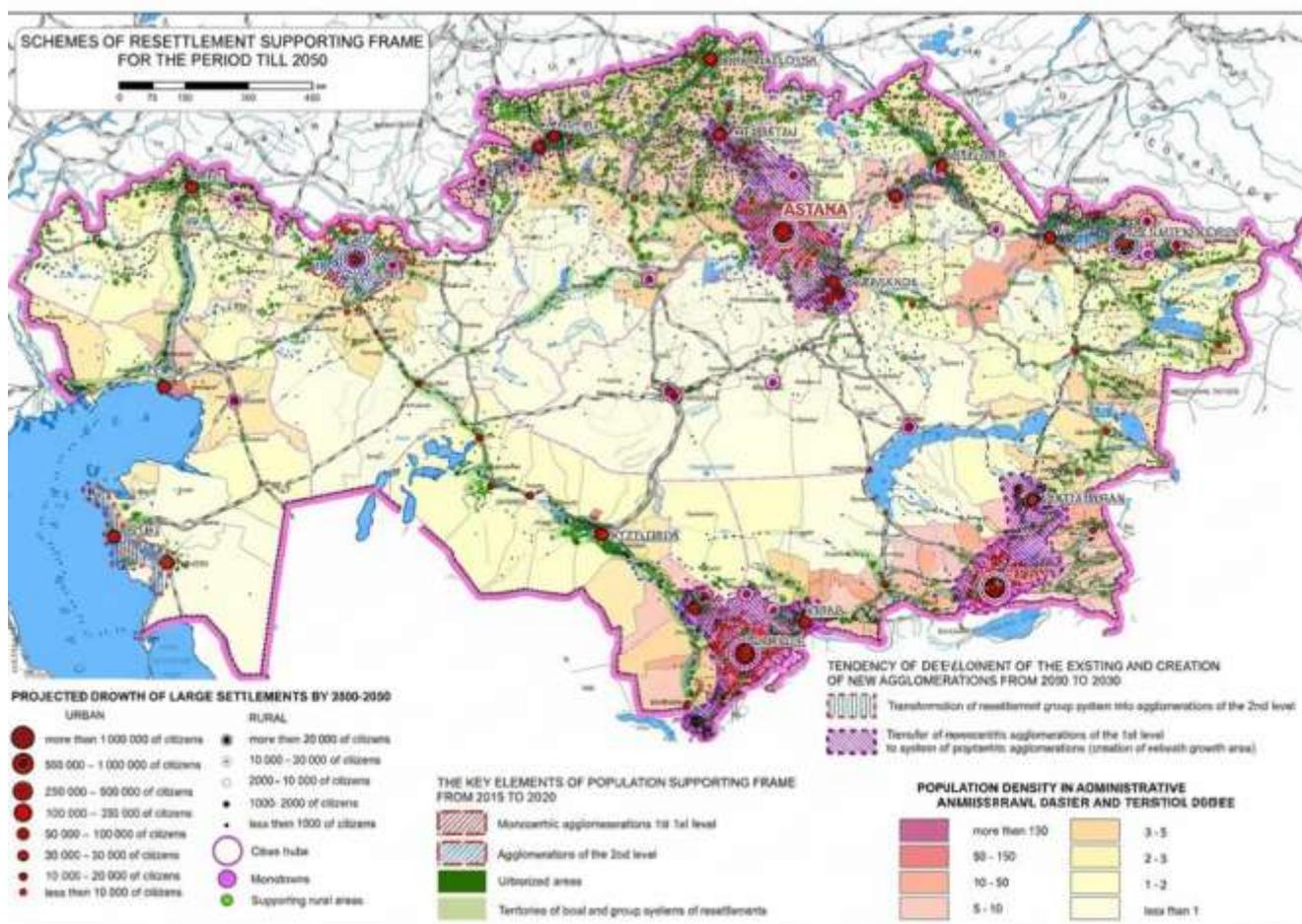


Рисунок 16. Прогнозы увеличение урбанизации Казахстана до 2050 года

Изучение устойчивости Балхашского бассейна реки Или между Китаем и Казахстаном (Рисунок 17) проведены с публикацией в журнале Sustainability 2025 Environmental Science

Duisebek, B.; Senay, G.B.; Ojima, D.S.; Zhang, T.; Sagin, J.; Wang, X. Evaluating the Performance of Multiple Precipitation Datasets over the Transboundary Ili River Basin Between China and Kazakhstan. Sustainability 2025, 17, 7418. <https://doi.org/10.3390/su17167418>

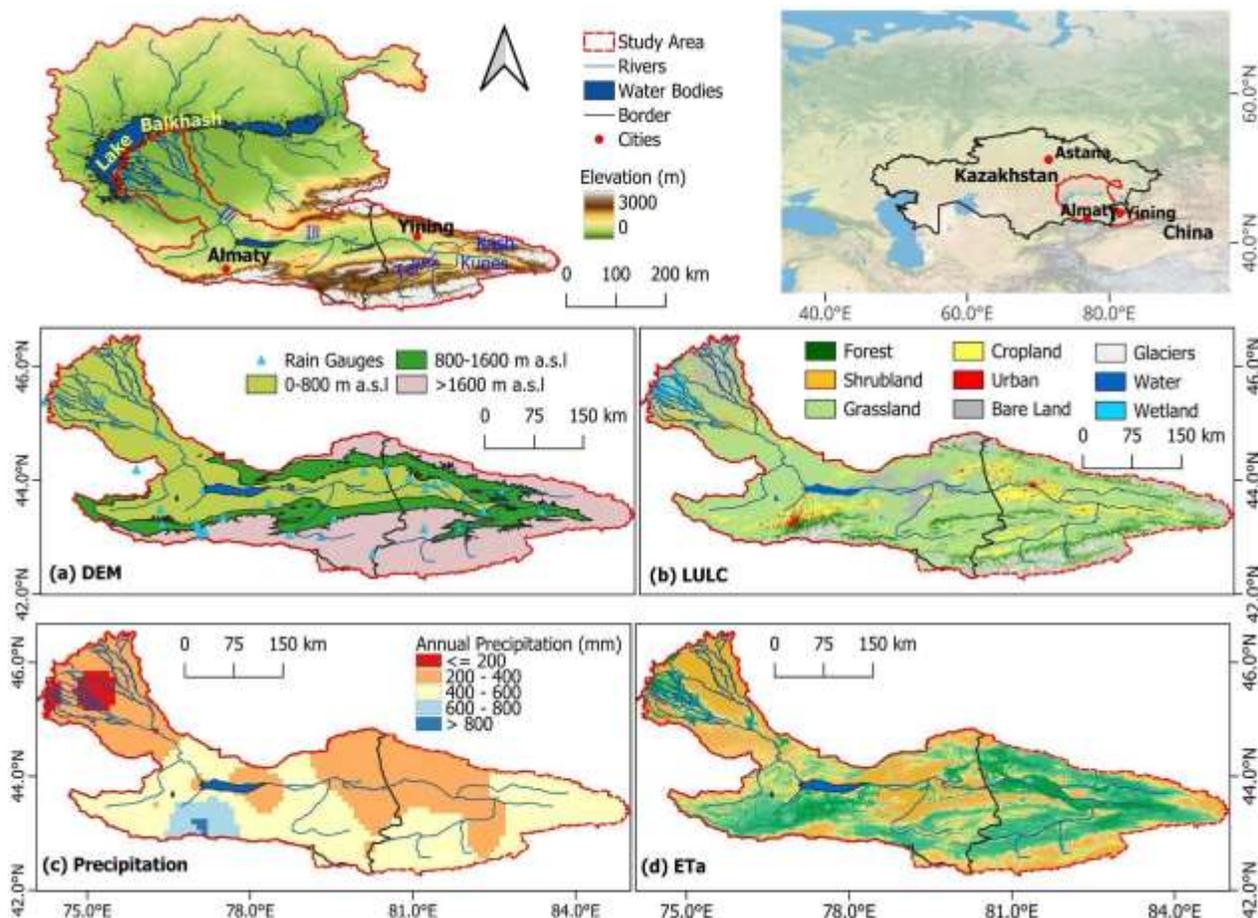


Рисунок 17. Изучение устойчивости Балхашского бассейна реки Или между Китаем и Казахстаном, журнал Sustainability 2025, 17, 7418,

Повлиять на Китай, изменить программы Китая по использованию вод в верховье реки Или, а также повлиять на изменение двух проектных программ Казахстана по посадкам 3,5 млн деревьев и строительства города Алатау-Сингапур на берегу Капшагайского водохранилища в Алматинской области достаточно сложно. С учетом этих сложностей предлагается внедрить программу восстановления уровня малых рек Балхашского бассейна на территории Казахстана без учета реки Или (Рисунок 18) методами контурно-полосной организации земель и биосферных куполов, биосферных насосов Biotic Pump что должно обеспечить озеро Балхаш как минимум в пределах 30 % годового водоснабжения, способствуя большей предсказуемой устойчивости

какой-то части озера Балхаш. Эта стратегия также важна для гарантированного водоснабжения атомной электростанции, планирующаяся к строительству на берегу озера Балхаш. Для устойчивости атомной электростанции должны быть гарантированное обеспечение водой на 100%, как минимум до 100 лет.



Рисунок 18. Внутренние малые реки бассейна озера Балхаш на территории Казахстана, без реки Или, где предлагается использовать методики восстановления гидрологического режима рек путём естественных природных процессов организации земель Севастьяновой, Зверева, Лукина-Потапенко, Биосферных куполов Горохова, биосферных насосов Biotic Pump Макариевой и Горшкова, опыта Монголии, Словакии, Бутана, Чехии, Венгрии, Канады.

Программы повышения квалификации по обучению школьников, учащихся колледжей по водным ресурсам, анализу качества воды, аналогично действующим в США-Канаде плохо отработаны Министерством Просвещения Казахстана – это одна из важных задач стимулировать развитие аналогичных программ повышения квалификации местного населения в аулах Казахстана с усилениями заинтересованности самих местных жителей больше самим заниматься своими местными водными проблемами. В связи с этим важно приводить реальные примеры из уже установленных случаев взаимодействия местного сообщества и пользователей с учеными для оценки элементов качества и количества воды. Успешный подход был реализован в программе

“Исследуй свою воду”, среди местных фермеров и школьников под руководством профессора Дэниела Сноу, директора Водного Центра Университета Небраски США. “Исследуй свою воду” программа является инициативой, финансируемой экологическим фондом Небраски, для обучения старшеклассников методам отбора проб и проверки качества питьевой воды из скважин, колодцев, водоемов в Небраске США. Такую программа подготавливается в ГККП "Коксуский политехнический колледж" ГУ "Управление образования области Жетісу» Казахстана, здесь короткое видео о кооперации <https://www.youtube.com/watch?v=2vi75468Ohg&t=14s> . По Балхашского бассейну возможность использования стратегии восстановления рек, включая восстановление свойств почвы зависит больше от самого Казахстана. Основная задача — это вовлечь местное население в продвижение этих программ. Эта инициатива продвигается на малом ауле на территории колледжа Коксу, устье малых рек Биже и Муканчи, малых притоков реки Каратал бассейна Балхаша, эта стратегия дальше будет продвигаться по другие регионы Балхашского бассейна (Рисунок 19).

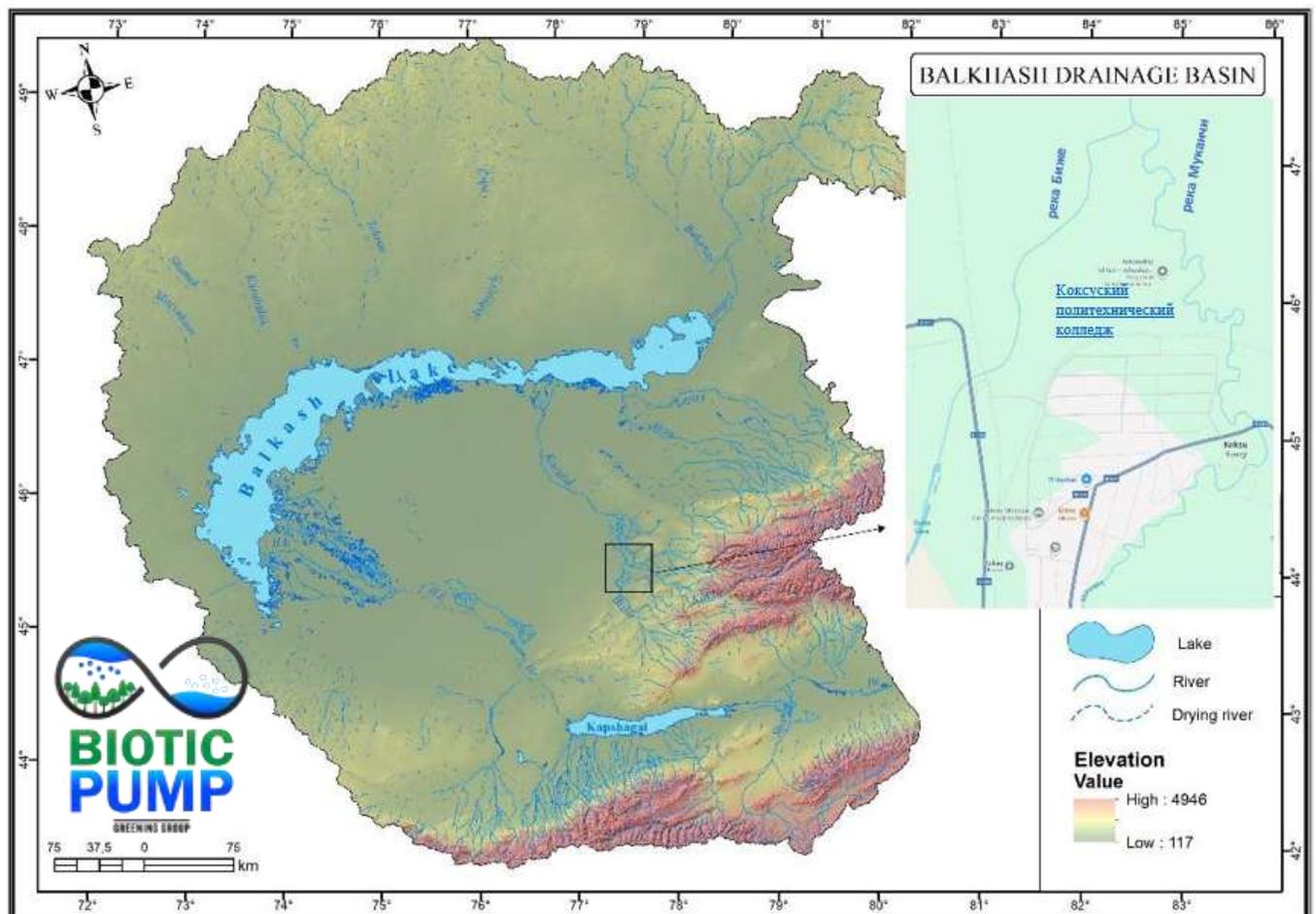


Рисунок 19. Продвижение программ “Flood-MAR-Kaz”, <https://flood-mar.kz/> , на территории малого аула колледжа Коксу, устье малых рек Биже и Муканчи, малых притоков реки Каратал бассейна Балхаша.

Предлагаемая Программа посвящена реализации стратегически важной государственной задачи, озвученных в Послании Главы государства Касым-Жомарта Токаева по усилению программ повышения квалификации, улучшение работы Министерства Просвещения Казахстана. Президент Казахстана Токаев определил 2025 год, годом рабочих профессий. Это одна из важных задач повышение квалификации местного населения в колледжах по эффективному использованию поверхностных-подземных вод, своими знаниями и технической экспертизой решать свои местные проблемы по паводкам и засухам с минимальными сложностями для природы, флоры и фауны.

Литература

1. Jakeman, A.J. et al. (2016). Integrated Groundwater Management: An Overview of Concepts and Challenges. In: Jakeman, A.J., Barreteau, O., Hunt, R.J., Rinaudo, J.D., Ross, A. (eds) Integrated Groundwater Management. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23576-9_1
2. Casanova, J., Devau, N., Pettenati, M. (2016). Managed Aquifer Recharge: An Overview of Issues and Options. In: Jakeman, A.J., Barreteau, O., Hunt, R.J., Rinaudo, J.D., Ross, A. (eds) Integrated Groundwater Management. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-23576-9_16
3. AAFC (2010). Shelterbelt - Design guidelines for farmyards, fields, roadside, livestock, wildlife and riparian buffer plantings on the prairies. Indian Head, SK: Agroforestry Development Centre, Agriculture and AgriFood Canada (AAFC), [https://www1.agric.gov.ab.ca/\\$Department/deptdocs.nsf/all/epw10940/\\$FILE/Shelterbelts_Design_and_Guidelines.pdf](https://www1.agric.gov.ab.ca/$Department/deptdocs.nsf/all/epw10940/$FILE/Shelterbelts_Design_and_Guidelines.pdf)
4. Sagin, (2019). "Индейцы уважают природу и перемещение воды" <https://inbusiness.kz/ru/news/indejcy-uvazhayut-prirodu-i-peremeshenie-vody>
5. Ministry of Water Resources and Irrigation of the Republic of Kazakhstan (2025). <https://www.gov.kz/memleket/entities/water?lang=en>
6. United Nations Environment Program (UNEP) (2025). Integrated Water Resources Management (IWRM), <https://www.unep.org/topics/fresh-water/water-resources-management>
7. United Nations Food and Agriculture Organization (FAO) (2025). Kazakhstan <https://www.fao.org/aquastat/en/countries-and-basins/country-profiles/country/KAZ>
8. Gathagu, J.N.; Mourad, K.A.; Sang, J. (2018). Effectiveness of contour farming and filter strips on ecosystem services. Water, 10, 1312. <https://doi.org/10.3390/w10101312>
9. Sahu, M.; Gu, R.R. (2009). Modeling the effects of riparian buffer zone and contour strips

on stream water quality. *Ecol. Eng.*, 35, 1167–1177. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2009.03.015>

10. Ellison, D.; Morris, C.E.; Locatelli, B.; Sheil, D.; Cohen, J.; Murdiyarso, D.; Gutierrez, V.; van Noordwijk, M.; Creed, I.F.; Pokorny, J.; et al. (2017). Trees, Forests and Water: Cool Insights for a Hot World. *Glob. Environ. Change*, 43, 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.01.002>

11. Spracklen, D.V.; Arnold, S.R.; Taylor, C.M. (2012). Observations of Increased Tropical Rainfall Preceded by Air Passage over Forests. *Nature*, 489, 282–285. <https://doi.org/10.1038/nature11390>

12. Ligdi, E.E.; Morgan, R.P.C. (1995). Contour grass strips: a laboratory simulation of their role in soil erosion control. *Soil Technol.*, 8, 109–117. [https://doi.org/10.1016/0933-3630\(95\)00011-0](https://doi.org/10.1016/0933-3630(95)00011-0)

13. Sheil, D. Forests, (2018). Atmospheric Water and an Uncertain Future: The New Biology of the Global Water Cycle. *For. Ecosyst.*, 5, 19. <https://doi.org/10.1186/s40663-018-0138>

14. Quine, T.A.; Walling, D.E.; Chakela, Q.K.; Mandiringana, O.T.; Zhang, X. (1999). Rates and patterns of tillage and water erosion on terraces and contour strips: evidence from caesium-137 measurements. *Catena*, 36, 115–142. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(99\)00006-5](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(99)00006-5)

15. Kinama, J.M.; Stigter, C.J.; Ong, C.K.; Ng'ang'a, J.K.; Gichuki, F.N. (2007). Contour hedgerows and grass strips in erosion and runoff control on sloping land in semi-arid Kenya. *Arid Land Res. Manag.*, 21, 1–19. <https://doi.org/10.1080/15324980601074545>

16. Thapa, B.B.; Cassel, D.K.; Garrity, D.P. (1999). Ridge and contour natural grass barrier strips reduce tillage erosion. *Soil Tillage Res.*, 51, 341–356. [https://doi.org/10.1016/S0167-1987\(99\)00047-1](https://doi.org/10.1016/S0167-1987(99)00047-1)

17. Tyndall, J.C.; Schulte Moore, L.A.; Liebman, M.; Helmers, M. (2013). Field-level financial assessment of contour prairie strips for enhancement of environmental quality. *Environ. Management.*, 52, 736–747. <https://doi.org/10.1007/s00267-013-0106-9>

18. Hwang, T.; Band, L.E.; Miniati, C.F.; Song, C.; Bolstad, P.V.; Vose, J.M.; Love, J.P. (2015). Divergent Phenological Response to Hydroclimate Variability in Forested Mountain Watersheds. *Glob. Change Biol.*, 20, 2580–2595. <https://doi.org/10.1111/gcb.12556>

19. He, A.R.; Kong, F.F.; Shao, J. (2015). Novel curved roll contour technology for profile control in hot strip mills. *Ironmak. Steelmak.* 2015, 42, 55–62. <https://doi.org/10.1179/1743281214Y.0000000200>

20. Tadesse, L.D.; Morgan, R.P.C. (1996). Contour grass strips: a laboratory simulation of their role in erosion control using live grasses. *Soil Technol.*, 9, 83–89.

21. Garrity, D.P. (1999). Contour farming based on natural vegetative strips: expanding the

scope for increased food crop production on sloping lands in Asia. *Environ. Dev. Sustain.* 1999, 1, 323–336. <https://doi.org/10.1023/A:1010091904395>

22. WOCAT. (2025). Contour Strip Cropping. World Overview of Conservation Approaches and Technologies. Available online: <https://www.wocat.net>.

23. Hudson, N.W. (1981). *Soil Conservation*; Batsford Academic and Educational Ltd.: London, UK.

24. Dahlke, H.E.; Brown, A.G.; Orloff, S.; Putnam, D.; O'Geen, A.T. (2018). Managed Aquifer Recharge as a Tool to Enhance Groundwater Sustainability. *Calif. Agric.*, 72, 12–22. <https://doi.org/10.3733/ca.2018a0001>

25. Scanlon, B.R.; Reedy, R.C.; Faunt, C.C.; Pool, D.; Uhlman, K. (2016). Enhancing Drought Resilience with Conjunctive Use and Managed Aquifer Recharge in California and Arizona. *Environ. Res. Lett.*, 11, 035013. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/3/035013>

26. Ghassemi, F.; White, I. *Inter-Basin Water Transfer: (2007). Case Studies from Australia, United States, Canada, China and India*; Cambridge University Press: Cambridge, UK.

27. Eshtawi, T.; Evers, M.; Tischbein, B. Managed Aquifer Recharge in Arid and Semi-Arid Regions. *Water* 2020, 12, 1224. <https://doi.org/10.3390/w12051224>

28. Gorohov U. (2025). The Living Planet Concept and Biosphere Domes, <http://dve100.com/sekiya-16-yu-i-gorohov>, <https://disk.yandex.com/d/njxCaPhuECofsg?w=1>, <https://vk.com/club186620658>

29. Lukin, T.; Potapenko, A.; Zverev, A. (1987). *Forest Reclamation of Agricultural Lands*; Agropromizdat: Moscow, USSR, 1987.

30. Sevostyanova L., Zverev A. (2025). Returning Water to Rivers: Restoring Surface Hydrological Regimes by Modeling Natural Processes, <https://cosmatica.org/projects/223>

31. Gerasimov, I.; Lukyanchikov, I. (1972). *Shelterbelts and Soil Erosion Control*; Nauka: Alma-Ata, USSR

32. Ellison, D., Morris, C., Locatelli, B., Sheil, D., Cohen, J., Murdiyarso, D., Gutierrez, V., Noordwijk, M., Creed, I., Pokorny, J., Gaveau, D., Spracklen, D., Tobella, A., Ilstedt, U., Teuling, A. (2017). "Trees, forests and water: Cool insights for a hot world". *Global Environmental Change*. 43: 51–61. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.01.002>

33. Makarieva, A. M.; Gorshkov, V. G. (2007). "Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land". *Hydrology and Earth System Sciences*. 11 (2): 1013–1033, <https://hess.copernicus.org/articles/11/1013/2007/>

34. Water Stories (2025). Trees rain makers, <https://www.youtube.com/watch?v=2pOEMwFfLTY>
35. Duisebek, B.; Senay, G.B.; Ojima, D.S.; Zhang, T.; Sagin, J.; Wang, X. (2025). Evaluating the Performance of Multiple Precipitation Datasets over the Transboundary Ili River Basin Between China and Kazakhstan. *Sustainability*, 17, 7418. <https://doi.org/10.3390/su17167418>
36. KazHydroMet (2025). Kaz precipitation <https://www.kazhydromet.kz/en/klimat/klimat-kazahstana>
37. Tussupova M. (2025). Running Dry: Kazakhstan's Water Crisis, Explained With Data, https://earth.org/data_visualization/running-dry-kazakhstans-water-crisis-explained-with-data/
38. UNDP (2025). Tackling Water Challenges in Kazakhstan: Call For Collaborative Action And Sustainable Solutions, <https://astanatimes.com/2025/04/tackling-water-challenges-in-kazakhstan-call-for-collaborative-action-and-sustainable-solutions/>
39. Drozdov, S.N.; Ivanov, A.L.; Kirilenko, A.P. (2019). Shelterbelts and soil protection in the Russian Chernozem zone: effects on erosion and crop yields. *Eurasian Soil Science*, 52(3), 329–340. <https://doi.org/10.1134/S1064229319030043>
40. Lakyda, I.; Schepaschenko, D.; Shvidenko, A. (2016). Agroforestry and shelterbelt systems in Eastern Europe: current practices and perspectives. *Forest Policy and Economics*, 66, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2016.02.002>
41. Novikova, A.F.; Bokusheva, R.; Calanca, P. (2017). Soil protection and productivity improvement through shelterbelts in the Russian steppe. *Agricultural Systems*, 157, 211–220. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.07.002>
42. Cordeiro, M.R.C.; Rudolph, D.L.; Parkin, G. (2020). Managing agricultural water in the Canadian Prairies with MAR systems. *Journal of Hydrology*, 586, 124869. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.124869>
43. Ferguson, G.; Gleeson, T. (2012). Vulnerability of groundwater resources to climate change in Canada: MAR as a mitigation tool. *Hydrogeology Journal*, 20, 963–972. <https://doi.org/10.1007/s10040-012-0865-0>
44. McGill, R.; Chen, J.; Guo, Y. (2019). Agroforestry and water retention strategies in the Canadian Prairies. *Agricultural Water Management*, 216, 144–153. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.01.026>
45. Li, Y.; Li, X.; Xu, H. (2018). Integrated use of MAR and agroforestry for combating soil salinization in Northwest China. *Agricultural Water Management*, 210, 1–10.

<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.07.010>

46. Zhang, L.; Chen, Y.; Wang, Y. (2020). Shelterbelts, terraces, and MAR for sustainable agriculture in arid China. *Land Degradation & Development*, 31(18), 2367–2380.

<https://doi.org/10.1002/ldr.3651>

47. Wang, T.; Zhao, H.; Wu, W. (2015). Effects of afforestation and MAR on soil and water conservation in arid regions of China. *Ecological Engineering*, 74, 384–395.

<https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.11.005>

48. Sallwey, J., Ongdas, N., Al-Hosban, M., Stefan, C. (2024). Mapping the potential for managed aquifer recharge in Kazakhstan. *Central Asian Journal of Water Research*, 10(2), 95-116.

<https://doi.org/10.29258/CAJWR/2024-R1.v10-2/95-116.eng>

49. Kaz Patent (2022). Method of irrigated agriculture using melted and flood waters,

<https://qazpatent.kz/ru/content/poleznaya-model-28102022>

50. Li, Z.; Zhu, Q.; Gold, C. (2004). *Digital Terrain Modeling: Principles and Methodology*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA.

51. Malczewski, J. (2006). GIS-Based Multicriteria Decision Analysis: A Survey of the Literature. *Int. J. Geogr. Inf. Sci.*, 20, 703–726. <https://doi.org/10.1080/13658810600661508>

52. Saaty, T.L.(1980). *The Analytic Hierarchy Process*; McGraw-Hill: New York, NY, USA.

53. Rahman, M.A.; Rusteberg, B.; Gogu, R.C.; Ferreira, J.P.L.; Sauter, M.; Kabir, S. A (2012). New Spatial Multi-Criteria Decision Support Tool for Site Selection for Implementation of Managed Aquifer Recharge. *J. Environ. Manag.*, 99, 61–75.

<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.01.003>

54. Kort, J.; Collins, M.; Ditsch, D. A (1998). Review of Soil Erosion Potential Associated with Biomass Crops. *Biomass Bioenergy*, 14, 351–359. [https://doi.org/10.1016/S0961-9534\(97\)10071-X](https://doi.org/10.1016/S0961-9534(97)10071-X)

55. Kazakhstan, (2025). 3.5 million trees and carbon credits: Kazakhstan launches largest eco-initiative in Central Asia, <https://exclusive.kz/35-mln-derevev-i-uglerodnye-kredity-kazahstan-zapustil-krupnejshuyu-ekoinicziativu-v-czentralnoj-azii/>

56. Mongolia, (2025). One billion trees, <https://montsame.mn/ru/read/353654>

57. South Korea, Mongolia (2022). Successes in forest cooperation: Greenbelt Reforestation by the Republic of Korea and Mongolia, <https://afocosec.org/newsroom/news/forestry-news/successes-in-forest-cooperation-greenbelt-reforestation-by-the-republic-of-korea-and-mongolia/>

58. Mongolian ponds (2024). 333 ponds lakes program and the “Billion Trees” National

Movement, <https://www.montsame.mn/en/read/357028>

59. Mongolian Czech cooperation (2025). Nature based sustainability, <https://mongolia.mendelu.cz/en/>

60. Butan (2025). An overview of forestry in Bhutan: current situation and challenges, <https://afocosec.org/newsroom/news/forestry-news/an-overview-of-forestry-in-bhutan-current-situation-and-challenges/>

61. Canada's British Petroleum (BP) BirthPlace Forests program (2025). <https://www.calgary.ca/parks/birthplace-forests.html>

62. Australia (2025), Australian Government Department of the Environment. Directory of Important Wetlands in Australia, <https://www.mdba.gov.au/>

63. Australia Water Partnership (2025). <https://waterpartnership.org.au/>

64. ADB (2025). Establishing Mandatory Disaster Risk Insurance in Kazakhstan, <https://development.asia/insight/establishing-mandatory-disaster-risk-insurance-kazakhstan>

65. RRBC (2025). Red River Basin Commission, Three States, One Province, Two Countries, One Red River Basin, <https://www.redriverbasincommission.org/>

66. Flood-MAR (2025). Flood-MAR (Flood-Managed Aquifer Recharge) is a management strategy that uses high flood flows to spread water onto agricultural land, <https://floodmar.org/>