

Ф. В. Шестаков, к.геол.-минер.наук,
г. Алматы, Казахстан

КОНДЕНСАЦИОННОЙ ТЕОРИИ – ПРАВО НА ЖИЗНЬ

На основании фактических материалов произведен обзор и анализ научных гипотез и экспериментов о конденсации водяных паров в почвогрунтах начиная с 1869 г. Сделан вывод о преобладающей роли конденсации водяного пара атмосферы в формировании водных ресурсов и необходимости учета этого при всех водно-экологических расчетах. Приведены сведения об успешных результатах по выращиванию растений с использованием методики получения воды из воздуха.

Ключевые слова: происхождение подземных вод, конденсация водяного пара атмосферы, инфильтрационная теория, влагообмен, влагоперенос.



1869 жылдан бастап шынайы материалдар негізінде топыраққатпарындағы су буларының конденсациясы туралы гипотезалар мен эксперименттерге шолу және талдау жүргізілген. Атмосферадағы су буының су қорларын қалыптастырудағы басым ролін және оны су-экологиялық есептеулердің бәрінде ескеру керектігі жайлы қорытынды жасалған. Ауадан су алу әдістемесін пайдалана отырып өсімдіктерді өсірудің сәтті нәтижелері жайлы мәліметтер берілген.

Түйінді сөздер: жер асты суларының пайда болуы, атмосфера су буының конденсациясы, инфильтрация теориясы, ылғал алмасу, ылғал тасымалдау.



On the basis of the actual materials was produced an overview and analysis of scientific hypotheses and experiments about the condensation of water vapor in soils , since 1869. It was concluded about the predominant role of condensation of water vapor of atmosphere in the formation of water resources and the necessity of accounting it for all these water and environmental calculations. Information are given about the successful results on growing plants with using methods of obtaining water from the air.

Key words: origin of groundwater, condensation of water vapor of atmosphere, infiltration theory, moisture transfer, water transfer .

В естественных науках о воде который век обсуждается проблема о происхождении вод на нашей планете. Научной общест-венностью полемизируются разнообразные мнения о про-исхождении подземных вод [1-4]. Вкратце они представлены в таблице.

Теория и гипотезы о происхождении подземных вод

Источник происхождения	Тип вод	Подтип вод
Космический	Солнечный ветер Парасферическая вода	Гейзерные Вулканические
Планетарный естественный	Ювенильные (девственные воды)	Инфильтрационные Конденсационные Погребенные (седиментационные) Конденсационно-эффузивные Транспирационные (или метаболические) Глубинно-переформиро-ванные океанические воды
Планетарный искусственный	Антропогенный	Сточные Техногенные Хозяйственно-бытовые Агрехимические

Из этого многообразия типов воды многие, в соответствии с расчетами авторов идей, могут претендовать на звание родоначальника всех водных ресурсов нашей планеты. К примеру, согласно солнечной гипотезе М. Де Порвиля [3], корпускулярное излучение Солнца привело к возникновению солнечного ветра, принесшего в атмосферу Земли большое количество атомов водорода, которые вступили здесь в соединение с кислородом, образовав химическое соединение H_2O . Это послужило началом гипотезы о космическом источнике происхождения подземных вод. Однако большинство исследователей отдавали предпочтение земному происхождению водных ресурсов Земли. Причем главным образом инфильтрационному как наиболее понятному из всех выдвинутых идей [5]. По этой причине среди естественных наук господствовала именно инфильтрационная теория происхождения почвенных и подземных вод, согласно которой они формируются в основном за счет осадков и их инфильтрации. Однако со временем в практике водопользователей накапливались данные, которые не укладывались в прокрустово ложе этой теории [6].

Главным представителем этого направления происхождения почвенных и почвенно-грунтовых вод был немецкий ученый Отто Фольгер. Еще полтора века назад этот ученый, опираясь на факты, доказал, что земля испаряет воды гораздо больше, чем получает из выпавших осадков. Опираясь на эти данные, он предположил, что существует другой источник питания, который обеспечивает поставку дополнительной воды. Таким источником является парообразная влага атмосферы, которая вместе с воздухом проникает в землю, и достигнув участков с пониженной температурой, парообразная влага расстается с воздухом, и конденсируется на частицах почвы. Это выступление стало началом возрождения научного интереса к слегка позабытой конденсационной теории. Однако гипотеза Фольгера среди ученых того времени была подвергнута ожесточенной критике. Наиболее активным среди "инфильтрогенщиков" был немецкий метеоролог проф. Ганн, который отыскивал самые слабые места предлагаемой гипотезы.

В России теория конденсации развилась совершенно самостоятельно. Первые попытки доказать наличие подобного источника воды и разработать способы управления конденсацией для обеспечения этой водой растений отмечены в 90-х гг. XIX столетия. Особенно продвинулся в этом направлении талантливый русский исследователь П. А. Костычев, который сделал следующее сообщение: "...Количество воды, которое растение получает от дождей в самых благоприятных случаях, составляет только половину того, какое нужно растениям, а недостающую воду она получает из воздуха путем многократного ее транспирирования". Кроме того, опираясь на результаты экспериментов с почвой, особенно с черноземом и перегноем, он пришел к выводу, что если изменять качество почвы, то уменьшается количество испаряемой воды, содержащейся в почве. К сожалению, эта прорывная идея была проигнорирована инфильтрогенщиками. Наиболее важные работы этого периода по конденсации паров в почве принадлежат Н. А. Головкинскому, И. М. Педдакасу, Г. Я. Близнину, П. А. Костычеву, Ф. И. Зибольду, С. К. Кузнецову, А. Ф. Лебедеву, А. Ю. Ракову Н. Ф. Лукину [6].

Более ранние опыты над конденсацией паров в почве производил в Крыму Н. А. Головкинский, причем ему удалось констатировать связь между температурой и количеством осадков. Когда температура почвы выше температуры воздуха, сгущение подземной росы не происходит, в обратном случае осадки появляются.

Ф. И. Зибольд был наведен на мысль о возможности конденсации паров в рыхлых породах находкой в окрестностях Феодосии следов обширных древних гидротехнических сооружений в виде куч из щебня и глиняных труб. С учетом этих предположений он построил так называемую "чашу Зибольда" - своеобразный конденсатор, который подтвердил возможность образования воды за счет конденсации водяного пара атмосферы. Его конденсатор давал до 432 л воды в сутки, но работал недолго, так как бетонное дно этого сооружения треснуло.

В докладе С. К. Кузнецова "О конденсации водяных паров в почве", доложенном им еще в 1903 г. на 78-м заседании почвен-

ной комиссии Вольного экономического общества, обоснованы следующие положения:

1. Воздух представляет собой механическую смесь газов и водяных паров. Газы очень медленно нагреваются и охлаждаются, а пары воды, наоборот. При попадании в поры почвы происходит разделение водяных паров и газов. Жидкая вода почти в 770 раз тяжелее газов воздуха и в виде водяного пара она почти в 2 раза легче воздуха и проникает в самые высокие слои атмосферы. Границы 3-100 град. – пар со свойствами газов, 3-4 град. – наибольшая плотность, т. е. в этом промежутке вода проходит ряд колоссальных изменений. Водяной пар при 100 град. и 766 мм давления имеет объем воды в 1700 раз больше объема воды, из которой он образовался. При повышении температуры 4-100 град. он увеличивается в 1700 раз, т. е. каждому градусу приобретенного тепла соответствует изменение объема более чем в 17 раз, газы при нагревании на эти градусы после охлаждения изменяются всего на $1/273$ своего объема. Это и есть причина быстрого расслоения единой водяной массы воздуха.

2. Давление водяного пара в атмосфере распространяется неодинаково с давлением газов. Давление пара на высоте 2000 м уменьшается наполовину, а давление газов – только на высоте около 5000 м. Отсюда пар нисходит к земле быстрее газов и вследствие приобретенной скорости должен скорее вливаться в поры почвы.

3. Газы имеют химическое сродственное тяготение друг к другу и частицам почвы только в исключительном случае, а пары воды обладают громадным сродством и тяготением к частицам земли.

4. Нисходящие струи паров воды, охлаждаясь в порах почвы, отдают ей свою теплоту, которая должна быть излучена в пространство над поверхностью земли, чтобы почва вновь стала холодильником. Такое излучение совершается постоянно. Но мы не можем учесть теплоту, которую, с одной стороны, земля воспринимает от солнца, поглощает в результате конденсации водяных паров и сама развивает химическими процессами, а с другой – она же излучает в пространство. Считаем, что излучает

она таким образом, чтобы поддерживать необходимое понижение температуры на глубину 10-11 сажень. Количество теплоты, выделяемое при конденсации, должно быть велико. Также велико и излучение. Если этого излучения не будет, не будет и конденсации.

5. Песок весьма теплоемкий и пористый, поэтому он прекрасно охлаждает пары воды, отнимая у них теплоту. Будучи теплоемким, он легко лучеиспускает теплоту и восстанавливает тем самым условия для конденсации. Его теплоемкость обуславливает весьма слабую теплопроводимость, поэтому прогревание песка солнцем осуществляется лишь на небольшой глубине. Это позволяет сохранять значительную разницу температур между верхними и нижними слоями.

6. Чем меньше лучеиспускание грунта, тем более развито в нем химическое сродство к парам воды, и наоборот, чем слабее это сродство (как в песке), тем сильнее свойство лучеиспускания, т. е. где слабее физические причины конденсации, там сильнее химические, и наоборот.

7. Газы воздуха весьма теплопрозрачны, а пары воды - наоборот. Воздух, насыщенный влагой, в 70 раз менее теплопрозрачен, чем чистый воздух. В результате излучение теплоты земли и ее охлаждение будет тем сильнее, чем суше воздух. При прочих равных условиях, чем суше будет воздух, тем больше будет разница между температурами почвы и воздуха, тем сильнее будет приток сравнительно сухого воздуха, что позволяет извлечь из него больше влаги за счет прохождения больших объемов.

8. Капельки воды, сгустившиеся на песчинках, не мешают лучеиспусканию песчинок. Песчинка, отнявшая теплоту пара и сгустившая на себе капельки воды, может через нее же лучеиспускать отнятую у нее теплоту. Она как бы преломляет и отражает теплоту, которую отнимает и тут же излучает.

9. Нет никакой надобности в том, чтобы воздух мог проникать в почву в таком объеме, в котором содержалось бы столько влаги, сколько ее там конденсируется, потому что пары воды легко отделяются от газов при охлаждении и стремительно ска-

тываются в поры почвы, а газы упорно сопротивляются охлаждению и сжимаются от охлаждения и поэтому остаются у поверхности земли.

Когда воздух теплее земли, пары воды должны непрерывно вливаться в поры почвы, потому что земля втягивает их в себя, охлаждает и значительно увеличивает их плотность, сгущая их в струи, которые стекают глубже и освобождают место для дальнейшего притока паров. Земля таким образом, как насос, выкачивает пары воды из воздуха, питает ими растения и образует подземные стоки воды. Не газы воздуха стекают в почву и увлекают за собой пары воды, а наоборот. В каждом песчаном грунте должна встретиться такая глубина, на которой всегда сохраняется температура, необходимая для конденсации водяных паров воздуха, и такой уровень, на котором не только есть влага, но и должна быть вода при наличии водоупора".

Опираясь на эти аргументы, факты и физические законы, С. К. Кузнецов убедительно доказал реальную возможность иного не инфильтрационного способа формирования почвенных, грунтовых вод. Он фактически заложил первые кирпичики в фундамент теории конденсации водяного пара атмосферы как главного регулятора при формировании всех видов воды.

Русский ученый агрофизик А.Ф. Лебедев на основании многочисленных опытов пришел к выводу, что почва и грунты насыщаются водой не только из осадков разного вида, но и за счет водяных паров атмосферы и водяных паров, передвигающихся из нижних водоносных горизонтов к поверхности земли. Развивая идеи и взгляды М. Н. Крашенинникова и К.В. Сперанского, он утверждал, что все передвижение водяного пара в почве происходит благодаря разнице упругости, обусловленной разницей температур в различных слоях почвы. Зимой пар движется из грунта в почву и обогащает ее водой, летом же, наоборот. При этом обогащение почвы водой за счет водяных паров атмосферы происходит благодаря молекулярной и термической конденсации водяного пара атмосферы исключительно в самом поверхностном слое почвы.

П. И. Колосков (1937 г.) выступил с критикой некорректной оценки А.Ф. Лебедева (1936 г.) возможного размера конденсации (до 100 мм) по минимальной температуре поверхности почвы без растений и влажности воздуха на высоте 2 м. Он предположил, что возможна конденсация адвективного пара после сильного охлаждения почвогрунта и транспирационного пара днем под достаточно мощным травостоем, рассматривая последнее не как приход, а как экономию расходуемой из почвы воды.

Русский ученый Э. Н. Благовещенский подчеркивает, что установление конденсационного генезиса почвенной влаги позволяет по-иному рассматривать все водное хозяйство пустынных областей. Так как питание водоносных горизонтов происходит в некоторой мере за счет конденсационной воды, то и возобновление откаченных запасов должно зависеть от интенсивности конденсационных процессов. На очереди станет изучение количественной стороны и времени конденсации и разработка агротехнических и мелиорационных мер по их использованию.

Изучая природные процессы, происходящие в сероземах и коричневых почвах, Э.Н. Благовещенский сделал следующие выводы по режиму их влажности (1963 г.): "Суммарный баланс суточных изменений влажности за год превышает годовой баланс сезонных изменений. В коричневых почвах он достигает 1000-1200 мм, превышая сезонный (500-700 мм) в 2 раза, для сероземов - 700-900 мм, превышая сезонный 100-160 мм в 5-6 раз. Наибольшие колебания почвенной влажности в годовом ходе, на поверхности почвы в суточном разрезе на глубине 50-150 см".

Наибольших успехов в учении о почвенной влаге достиг Н. Ф. Лукин. Опираясь на огромный информационный материал и достижения в области молекулярной физики, он провел ряд блестящих успешных экспериментов по выращиванию различных водолюбивых сельскохозяйственных культур с использованием приемов, позволявшим растениям получать воду из воздуха (!). Проанализировав огромный фактический материал из смежных наук (физики, почвоведения, агрохимии, гидрологии, метеорологии и др.), а их согласно библиографическому справочнику "Конденсация водяных паров атмосферы в почвогрун-

тах и приземном слое" не менее 1000 документов плюс различные отчеты, и выполнив многочисленные опыты, он привел к единому синергетическому показателю фазовые превращения воды в различных физических средах.

На основании этих данных он провел ряд экспериментов, подтверждающих значительную роль парообразной влаги атмосферы в питании растений непосредственно из водяных паров воздуха и за счет полученной из водяных паров жидкой воды. Исходя из выполненных работ, им сделаны следующие выводы:

1. Система "почва - атмосфера" – это прежде всего супер-система "вода - пар", в которой количественное соотношение между молекулами воды и пара находится в подвижном равновесии, управляемом температурным режимом системы.

2. В свою очередь, температурный режим системы определяется двумя противоположными процессами; постоянной собственной радиацией земной поверхности, как телом, имеющим температуру выше абсолютного нуля и импульсами инсоляции, обусловленными суточным вращением планеты и наклоном оси ее вращения*. В годовом цикле эти противоположные тепловые потоки в суммарном исчислении примерно равны. Об этом свидетельствует относительная стабильность земного климата. А вот в каждый момент или период времени это далеко не так.

3. Инструментальные наблюдения за суточной динамикой влажности почвы в комплексе с наблюдениями за динамикой основных метеозлементов четко высвечивает процесс влагообмена между почвой и атмосферой, его интенсивность, движущие силы и подлинную значимость парообразной влаги в водном балансе почвы.

Постоянно идущий процесс молекулярного обмена на грани "вода - пар" в воздухе обуславливает теснейшую связь между жидкой водой в почве, паром в почвенном воздухе и паром в атмосфере, фактически объединяя их в единое целое.

Водяной пар в атмосфере представляет собой не самостоятельное водное образование, а неотъемлемую составную часть - газообразную компоненту земной гидросферы, свя-

занную с жидкой и твердой ее компонентами постоянным молекулярным обменом. Следовательно, парообразная влага в атмосфере, количественно оцениваемая довольно скромными цифрами, в действительности неисчерпаема, как сама гидросфера.

В составе земной атмосферы водяной пар образует глобальную паровую оболочку, окутывающую весь земной шар. Но в отличие от других газов фазовое состояние веществ, которых во всем диапазоне естественных температур на земной поверхности устойчиво, парообразная оболочка Земли испытывает постоянные колебания, и мощность ее в решающей степени зависит от температуры подстилающей атмосферу земной поверхности в каждом географическом пункте. В силу этого парциальное давление водяного пара в земной атмосфере колеблется от 30-40 миллибар в тропическом поясе и до сотых долей миллибар в полярных областях.

Водяной пар передвигается самостоятельно диффузионным путем за счет перепада парциального давления и как составная часть воздуха при вертикальном и горизонтальном перемещении воздушных масс. За счет постоянного среднего перепада УВП в 30-40 миллибар между тропическими и полярными широтами происходит постоянное диффузионное перемещение водяного пара из тропических широт, где преобладает испарение, в широты полярные, где преобладает конденсация.

Количественная сторона этого влагопотока никем пока не изучена и не определена, но о его наличии говорит заметная разница в солености мирового океана, падающей от тропиков к полюсам. Такая же закономерность в минерализации воды в озерах и превышении речного стока над количеством выпадающих осадков в водном балансе бассейнов рек, расположенных вблизи полярного круга.

Мизерные значения УВП в полярных областях объясняются не тем, что туда не проникают хорошо увлажненные воздушные массы, а постоянным и весьма интенсивным поглощением холодной земной поверхности пара из атмосферы и ее обезвоживанием при остывании. Аналогичное явление происходит и высоко в горах, покрытых ледниками, поэтому ледники и холодные

вершины гор являются естественными конденсаторами влаги. Питание горных рек и источников обязано не только и не столько выпадению атмосферных осадков и их инфильтрации в грунт, сколько постоянному процессу конденсации пара на ледниках и холодных вершинах гор, сильно остывающих за счет собственного инфракрасного излучения. Важность установления наличия этого природного явления заключается в том, что оно может стать объектом регулирования со стороны человека. Огромное количество водяного пара переносится в атмосфере с воздушными течениями. Например, по данным НИИ водных проблем (РАН, 1978), общий влагоперенос над территорией Средней Азии с воздушными течениями за год составляет огромную цифру - 3000 км³ воды. Среднее содержание влаги в атмосфере, по существующим оценкам, около 14 000 км³, т.е. на порядок больше, чем во всех реках земного шара, вместе взятых. Распределение же парообразной влаги атмосферы над регионами, пригодными по температурным условиям к использованию территорий в сельскохозяйственных целях, во много раз равномернее, чем в речной сети.

Согласно принципу подвижного равновесия всякая равновесная система стремится компенсировать любые диспропорции, возникающие в ней за счет внешних воздействий в какой-либо из ее частей. Водяной пар играет роль теплоносителя и поэтому всякий отвод тепла с поверхности почвы, всякое недополучение его почвой система "почва - атмосфера" будет компенсировать перемещением в почву из атмосферы соответствующее количество водяного пара и тем самым увеличивать уровень ее увлажненности.

Снижение температуры поверхности почвы способствует уменьшению расхода ее обменного фонда влаги и поддержанию его в корнеобитаемой зоне почвы на более высоком уровне в любых, даже самых жестких климатических условиях. Корни растений дефундируют влагу из почвы с силой 30-50 атм. и могут извлекать из почвы как жидкую, так и парообразную влагу, удерживаемую частицами почвы с меньшей силой [6]. Происходит еще один природный влагооборот в системе "почва - конк-

ретное растение - атмосфера - почва", который и объясняет многократность использования растением обменного фонда влаги в почве. Вполне вероятно, что макро- и микронаселение почвы также играет определенную роль в локальном влагообмене.

Основой всех вышерассмотренных влагообменов является диффузионное распространение или передвижение водяного пара в воздухе. Циркуляция атмосферы, формирование и выпадение осадков очень подробно изучены, так как осадки ошибочно считались основной приходной статьей водного баланса и влагообмена между атмосферой и земной поверхностью. Причина этого заблуждения обусловлена тем, что осадки являются вернейшим признаком не только насыщенности, но и перенасыщенности атмосферы влагой. Осадки – это та часть влаги, которую подстилающая земная поверхность (вода, почва) не успела или не могла поглотить по каким-либо причинам в парообразном состоянии, а атмосфера не в силах удерживать в себе по температурным условиям, сложившимся в данный момент времени.

Парообразная влага атмосферы - это газовая компонента земной гидросферы, может быть использована для изъятия из нее пресной воды в неограниченных количествах как для повышения продуктивности растений с помощью агротехнических приемов, так и для удовлетворения различных нужд народного хозяйства после ее конденсации с помощью различных технических средств, а также для увеличения запасов подземных вод или создания новых водоносных горизонтов там, где возникает потребность в пресной воде.

Во второй половине XX в. на конденсацию парообразной влаги атмосферы обратил внимание также и А. Ю. Раков, занимающийся фитомелиорацией Ногайской степи. Внимательно проштудировав труды В. В. Докучаева (1892 г.), А. А. Измаильского (1893 г.), И. Е. Овсинского (1899 г.), П. И. Колоскова [7], он провел многолетний цикл экспериментов в полевых условиях и доказал, что конденсационное питание на массивах со сплошным травостоем культурных растений при их мульчировании со-

поставимо с осадками, характерными для данного региона. Отмечая значимость конденсации, он пишет: "... Доказательства протекания экономии (конденсации) транспирационного и адвективного паров воды в почве:

- проявляются при сопоставлении температуры точки росы воздуха над почвой с температурой почвы под сомкнутыми травостоями и свидетельствуют о возможности конденсации транспирационного пара в почве под такими травостоями;
- подтверждаются лизиметрическими измерениями в периоды, когда через лизиметр с моделью окружающей почвы проникает больше воды, чем ее попадает в почвенный дождемер. Это возможно только за счет конденсации адвективного, транспирационного паров воды или того и другого вместе;
- свидетельствует о возможности и значимости величины экономии влаги осадков в почве с учетом расчетов полевых транспирационных коэффициентов. Их величина под сомкнутыми продуктивными травостоями во многих случаях значительно меньше общепринятого. Это возможно только при значительной величине названного явления..."

В исследованиях А. Ю Ракова также неоднократно подчеркивается повышение уровня грунтовых вод под полями со сплошным травостоем культурных растений. Это явление связывается с конденсацией водяного пара атмосферы и подкрепляется данными лизиметрических наблюдений и химическими анализами воды из режимных скважин.

Экспериментальные работы Н. Ф. Лукина по выращиванию растений с использованием воды из воздуха и выводы А. Ю. Ракова были подтверждены на опытном участке Института гидрогеологии и гидрофизики АН КазССР, в 80-х годах там же были проведены сбор материалов и некоторые эксперименты в гляциальной зоне Заилийского Алатау [8].

К сожалению, в связи с перестройкой финансирование этих исследований было прекращено, хотя они имеют большое научное и прикладное значение для народного хозяйства и научного подтверждения конденсационной теории формирования грунтовых вод в почвогрунтах.

За последние десятилетия исследования конденсации и конденсационных процессов вышли далеко за пределы нужд аграриев, почвоведов и гидрогеологов: это конденсация в снежном покрове (Л.И. Файко [9]), и конденсационные рудничные воды (Е. С. Дударь), и конденсационные процессы на исторических памятниках (С. М. Мухамеджанов и Ф. В. Шестаков.), и конденсация в трещинно-карстовых коллекторах, в которых В. Н. Дублянский [10] подтвердил значимость конденсационных процессов в формировании водных ресурсов, особенно конденсационных родников. Необходимость изучения динамики этих процессов в суточном режиме на глобальном, региональном и объектном уровнях бесспорна.

Таким образом, благодаря трудам многих исследователей и многочисленных фактов, аргументов и экспериментов, можно утверждать, что конденсационная теория получила в науках о воде права и положенное ей место. Однако история с конденсацией водяных паров из атмосферы на этом не кончается. Для того чтобы новый источник экологически чистой, постоянно возобновляемой пресной питьевой воды был доступен каждому жителю нашей планеты, необходимы широкая пропаганда и внедрение уже полученных результатов, создание учебных и методических пособий по получению воды из воздуха. Это и будет началом выхода из кризиса наук о воде и началом повсеместной борьбы с глобальной водно-экологической катастрофой, став основой для обеспечения продовольственной безопасности всех стран.

Мы стоим на пороге величайших творческих свершений в естественных науках о воде, на пороге новых открытий в области гидросферы, на пороге создания новой науки - конденсациологии. Овладев и познав в полной мере возможности новых знаний, человечество, благословленное высшими силами, получает возможность привести мир к всеобщему благоденствию.

Литература

- 1 Происхождение подземных вод. pospe.ucoz.ru/index/0-76
- 2 Крубер А. А. Общее землеведение. – М.; Л.: Гос. уч.-педагог. изд-во, 1938.
- 3 Ретхати Л. Грунтовые воды в строительстве: пер. с англ. / под ред. В. А. Кирюхина. – М.: Стройиздат. 1989.
- 4 Словарь по гидрогеологии и инженерной геологии / Сост. А. А. Маккавеев. – М.: Гостоптехиздат, 1961.
- 5 Шестаков Ф. В. Конденсация водяных паров в почвогрунтах и приземном слое (библиогр. указ. 1877-1987 гг.). – Алма-Ата: "Наука" КазССР, 1989. – 80 с.
- 6 Ахматов К. А. Адаптация древесных растений к засухе. – Фрунзе, 1976.
- 7 Раков А. Ю. Особенности фитомелиорации земель Центрального и Восточного Предкавказья: автореф. дис. ... д.с.-х. н. – Волгоград, 2007.
- 8 Шестаков Ф. В. Перспективные направления исследований в прикладной гидрогеологии: матер. Междунар конф. // Ресурсы подземных вод – важнейший элемент устойчивого развития экономики Казахстана. – Алматы, 2012. – С. 228-234.
- 9 Файко Л. И. Использование льда и ледовых явлений в народном хозяйстве. – Красноярск, 1986.
- 10 Дублянский В.Ы., Дублянский Ю.В. Проблема конденсации в карстоведении и спелеологии: межвуз. сб. науч. тр. Перм. ун-та. - Пермь: Изд-во "Пещеры", 2001.