Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г.В.Плеханова,
т. /XXXI, 1979 г.

ПРОБЛЕМЫ РЕГИОНАЛЬНОЙ ГИДРОГЕОЛОГИИ ГОРНОСКЛАДЧАТЫХ ОБЛАСТЕЙ

В.А.КИРЮХИН

Гидрогеология горноскладчатых областей (ГСО) остается во многих отношениях пока „белым пятном". Это объясняется труднодоступностью многих районов, слабой их населенностью, отсутствием детальных гидрогеологических исследований. Вместе с тем своеобразие гидрогеологических обстановок ГСО определяется исключительным воздействием климатических и ландшафтных условий на различные стороны жизни подземных вод [16], влиянием высотной поясности на зональное распределение подземных вод и их режим, важной ролью в формировании подземных вод тектонических и сейсмических явлений и магматизма. Для ГСО характерны быстрое и активное протекание гидрогеологических процессов, интенсивный водообмен и дренирование водоносных зон и горизонтов, фиксирующееся большим количеством выходов подземных вод на поверхность. В этом смысле горноскладчатые сооружения можно представить как природную лабораторию, в которую огромные массы атмосферных вод поступают на разные сроки физикобиохимической обработки: одни воды выходят из нее через несколько часов (суток), другие – через месяцы (несколько лет), а третьи поступают в длительный геологический оборот. Кроме того, с глубины поступают воды и газы различного происхождения – седиментогенного и магматогенного, что на фоне анизотропности водовмещающей среды создает сложную гидрогеологическую обстановку.

Региональные гидрогеологические исследования, проводящиеся в ГСО, базируются на структурно-гидрогеологическом районировании этих областей, принципы которого разработаны Б.Л.Личковым, М.М.Васильевским, Н.И.Толстихиным, И.К.Зайцевым и другими учеными. К гидрогеологическим структурам первого порядка, характеризующимся общностью условий формирования, залегания, накоплений и стока подземных вод, И.К.Зайцевым и Н.И.Толстихиным [5] отнесены гидрогеологические массивы (ГМ), артезианские бассейны (АБ) и вулканогенные бассейны (ВБ). Каждая из перечисленных структур отличается признаками, составляющими их специфическую гидрогеологическую сущность.

Так, например, гидрогеологические массивы (ГМ) занимают наиболее высоко приподнятые части ГСО и сложены водоносными комплексами изверженных, метаморфических и сильно уплотненных осадочных пород, разбитых тектоническими нарушениями на глыбы - блоки. В ГМ распространены преимущественно трещинно-жильные, местами трещинно-карстовые воды, а в верхних этажах встречаются трещинные пластовые воды. Сверху ГМ часто перекрыты четвертичными отложениями различного генезиса - аллювиальными, пролювиальными, водно-ледниковыми и др. В них широко распространены поровые воды. Артезианские бассейны (АБ) занимают обычно наиболее низкие части ГСО и приурочены к впадинам, выполненным осадочными, иногда вулканогенными отложениями. АБ состоят из фундамента, сложенного метаморфическими и интрузивными породами, и перекрывающего его водоносного чехла. В чехле распространены грунтовые и межпластовые артезианские воды. Фундамент содержит трещинно-жильные воды, имеющие подчиненное значение. Вулканогенные бассейны (ВБ) обладают признаками как ГМ, так и АБ, т.е. содержат пластовые и трещинно-жильные воды. ВБ образуют верхний этаж гидрогеологического разреза, сложенного обширными покровами, потоками лав и сопутствующими им вулканогенными породами, туфами и другими пирокластами.

Дальнейшее изучение гидрогеологических структур ГСО связано с решением таких вопросов, как гидрогеологическая стратификация разреза, разработка принципов этажности структур, типизация районов, развитие теории и совершенствование методики съемки ГСО, составление и обоснование схем районирования по разным признакам отдельных регионов и крупных территорий (СССР, частей света, всего мира).

Каждый из затронутых вопросов может быть предметом отдельного исследования. Поэтому остановимся на них очень кратко.

Гидрогеологическая стратификация разреза сама по себе является сложной задачей [6, 21], а для условий ГСО трудности ее решения возрастают много раз вследствие большой анизотропности среды, распространения разнообразных типов скоплений подземных вод [23]. Если для АБ и отчасти определилось, хотя иногда спорное, толкование таких таксономических подразделений скоплений подземных вод, как пласт, горизонт, комплекс, ярус, этаж, то в ГМ цепочка зона - комплекс - формация - ярус - этаж не имеет надежного обоснования. Это связано с тем, что в ГМ распространены такие типы скоплений подземных вод, которые не обладают четкими границами распространения: например, регионально-трещинные зон выветривания; тектонической, лито- и метагенической трещиноватости; трещинно-карстовые; локально-трещинные зон тектонических нарушений. Установление количественных критериев распространения трещинных вод обусловлено тем, насколько удастся выявить закономерности изменения трещинной пустотности по площади и глубине в зависимости от физических и фильтрационных параметров пород, а также от морфогидрометрических характеристик ГСО. Такие материалы собираются и обобщаются [2, 17, 20, 24, 25], что позволяет оптимистично оценивать перспективы получения обоснованной стратификации гидрогеологического разреза ГМ.

Разработка принципов этажности структур тесно связана с рассмотренным вопросом стратификации разреза. С другой стороны, она дает основы для типизации гидрогеологических структур [22]. Гидрогеологические массивы слагаются одним или несколькими структурными этажами. Выходы на поверхность нижних этажей фундамента соответствуют распространению ГМ, образованных интрузивными (ГМИ) и метаморфическими (ГММ) породами, Выходы на поверхность средних этажей фундамента, сложенных осадочными и вулканогенными породами и образующими антиклинальные структуры, соответствуют гидрогеологическим адмассивам (ГАМ). Средние этажи фундамента, слагающие синклинальные структуры, образуют гидрогеологические интермассивы (ГИМ). Выходы на поверхность верхних этажей фундамента соответствуют адартезианским бассейнам (ААБ).

Этажным строением характеризуются АБ и ВБ. Критериями для выделения в них этажей служат степень литификации пород и их водоносность. Следует отметить, что между выделенными типами ГМ и АБ существует генетическая связь, поскольку переход от одного типа к другому вызван в значительной степени процессами литификации и метаморфизма пород. Эти переходы можно зафиксировать следующим рядом гидрогеологических структур, генетически связанных друг с другом:

АБ ⟶ ААБ ⟶ ГИМ ⟶ ГАМ ⟶ ГММ ⟶ ГМИ.

В вулканогенных структурах по мере их „старения" трещинно-пластовый характер водоносности сменяется трещинно-жильным, ухудшаются коллекторские свойства. Поэтому с возрастом ВБ превращаются в ГМ, а генетическая цепочка такого превращения выглядит следующим образом:

ВБ ⟶ ГИМ ⟶ ГАМ ⟶ ГММ.

Переход ВБ в ГИМ наблюдается в юрских толщах. Поэтому к ВБ могут быть отнесены только те вулканогенные структуры, которые сложены меловыми и более молодыми эффузивами. Переход от АБ к ААБ не имеет четко обозначенного времени, так как определяется тектоническими фазами развития ГСО. Процессы орогенеза протекали в различных регионах в разное время, поэтому такой переход может приходиться на разные эпохи - от синийской до плиоценовой.

Наряду с этажностью при типизации гидрогеологических структур учитываются многие другие признаки: тектоно-магматический режим, вещественный состав и возраст пород, рельеф, мерзлотные условия, гидрогеологические особенности [12, 18]. В пределах ГСО на территории нашей страны выделено значительное число основных типов гидрогеологических структур: 18 ГМИ и ГММ, 17 ГИМ и ГАМ, 14 ААБ, 20 АБ, 17 ВБ [12]. Проведенная типизация позволила определить наиболее важные факторы формирования подземных вод в разных типах структур, выявить основные закономерности распространения подземных вод. Делаются попытки использовать математические методы для установления количественных критериев оценки взаимодействия различных факторов, влияющих на гидрогеологическую обстановку, применить системный

метод распознавания гидрогеологических объектов [10]. Сознавая полезность таких изысканий, следует, однако, иметь в виду, что необоснованное увлечение формализацией гидрогеологических условий при слабой изученности территорий ГСО может привести к несопоставимым и заведомо неправильным результатам. По мнению автора, на современном этапе при региональных оценках математические методы могут дать наибольший эффект при картировании морфометрических характеристик поверхности ГСО. С их помощью можно получить данные о закономерностях распространения трещиноватости, распределения водных ресурсов, зональности подземных вод и др. [9, 24].

Теоретические основы гидрогеологического картирования ГСО основаны на классификации скоплений подземных вод, которые являются главным объектом съемки [8]. Ее проведение на территории ГСО представляет собой трудную задачу вследствие слабой изученности, сложности и неоднородности гидрогеологических условий. Основу фактического материала, получаемого при картировании ГСО, составляют источники. Поскольку съемка проходит в разной обстановке их водно-атмосферного питания, данные по опробованию источников часто оказываются несопоставимыми. Поэтому даже при среднемасштабной съемке необходимо проводить режимные гидрогеологические и гидрометеорологические наблюдения. Кроме того, учитывая плохую изученность многих ГСО, следует широко использовать методы, позволяющие получать обобщенные характеристики: геофизические (для районов со спокойным рельефом), космо- и аэрофотографирования, морфометрического и гидрологического картирования. Вместе с тем для получения надежных параметров и сопоставления их с обобщенными характеристиками необходимы детальные исследования на ограниченном числе типовых (ключевых) участков. Именно в этом заключается специфика проведения гидрогеологической съемки в ГСО, которая не позволяет копировать методы съемки, применяемые в равнинных платформенных районах [11].

Гидрогеологические карты СССР с охватом территории всех ГСО выполнены в последние годы во ВСЕГЕИ и ВСЕГИНГЕО [15]. На очереди создание гидрогеологической карты Европы, других частей света и мира. Определенные разногласия существуют в методике составления гидрогеологических карт [7,13]. Главная задача состоит в определении наиболее информативных гидрогеологических показателей для изображения их на карте, с тем чтобы наиболее глубоко отразить установленные на современной стадии изучения гидрогеологические закономерности. В настоящее время на мелкомасштабных картах по площади дается распространение типов скоплений подземных вод (водоносных комплексов), гидрохимических поясов, провинций минеральных вод и некоторые другие показатели. С увеличением масштаба карт и степени изучения горноскладчатых областей должна возрастать доля изображения количественных гидрогеологических характеристик (ресурсы, водопроводимость, минерализация, температура вод и др.).

Особого внимания заслуживают проблемные вопросы региональной гидродинамики и гидрохимии ГСО.

Одной из наиболее насущных задач региональной динамики подземных вод ГСО является изучение закономерностей формирования подземного стока, что связано с дальнейшим исследованием роли базисов дренирования и физико-

географических факторов формирования подземных вод, с количественной оценкой разных составляющих подземного стока и его связи с поверхностным стоком, с выявлением гидродинамической зональности и поясности в горных областях.

Интенсивное дренирование водоносных горизонтов и зон, поглощение поверхностных вод происходит на участках гидрогеологических базисов. Они приурочены к устьям долин различных порядков, контактам пород различного состава и возраста, зонам тектонических нарушений, перегибам рельефа. Изучение связей между базисными и вершинными поверхностями рельефа позволяет оценивать условия образования зоны выветривания и особенности дренирования ее водоносной части. Самая важная ступень дренирования наблюдается на границе перехода от ГМ к АБ, где происходит перелив трещинно-грунтовых вод горноскладчатого обрамления в водоносные горизонты АБ. Часто эту величину перетока неоправданно преувеличивают (например, по Казахстану), не учитывая того, что подземный сток с горноскладчатого обрамления перехватывается в основном реками.

Оценивая формирование подземного стока, очень важно выяснить направленность процессов перемещения объемов воды. При этом в ГМ и ВБ изучаются размеры водосборов, необходимые для образования постоянно действующих источников и для стабилизации разгрузки трещинно-грунтовых вод. Эти характеристики в неодинаковых физико-географических условиях оказываются разными и являются количественной мерой условий водного питания, дренирования и водообмена [12].

В АБ главным вопросом оказывается изучение соотношений объемов взаимодействующих инфильтрационных и седиментационных вод. Необходимо учитывать и цикличность развития бассейнов. На субаквальном этапе накапливаются осадки, зарождаются водоносные горизонты. По мере прогибания дна бассейна начинается отжатие связанных вод из глинистых толщ в коллекторы, возникает элизионный режим, при котором воды движутся от участков наибольшего прогибания к периферии АБ. На этапе субаэрального развития АБ перераспределяется давление, глубоко проникают в водоносные горизонты воды атмосферного происхождения.

Такая перестройка динамики подземных вод АБ может происходить многократно, поэтому при ее изучении на современном этапе особенно трудно установить границы зон проникновения инфильтрационных вод и разгрузки седиментационных, определить соотношение их объемов на разных глубинах, выявить гидродинамическую зональность. По расчету В.А.Всеволожского [3], инфильтрационное питание обычно в сотни и более раз превышает элизионное в балансе водоносных горизонтов, но эти цифры нуждаются в дальнейшей проверке и обосновании. Вопросы гидродинамической зональности гидрогеологических структур являются предметом оживленных дискуссий [4].

В ГМ и ВБ границы между верхними гидродинамическими зонами следует проводить с учетом положения гидрогеологических базисов и типа стока (приповерхностного, трещинно-грунтового, трещинно-напорного). Проблематично проведение границ между этими зонами в нижней части разреза ГМ и ВБ. Видимо, при этом следует учитывать глубины циркуляции вод инфильтра-

ционного происхождения (например, азотных терм по тектоническим нарушениям) и глубины образования вод магматического происхождения с учетом термобарических условий.

В АБ границы между гидродинамическими зонами обычно проводят условно по региональным водоупорам. Вместе с тем для этого используют и количественные методы - расход пластового потока, длительность сроков водообмена, соотношение напоров, а также косвенные показатели гидродинамической обстановки - гидрохимические данные, „возраст" вод, изотопную плотность и др.

Сложной задачей остается выяснение причин аномально-высоких пластовых давлений, наблюдающихся во многих артезианских бассейнах молодых ГСО - Душанбинском, Закаспийском, Апшеронском и других, где в кайнозое нисходящие движения преобладали над восходящими. Одной из причин этого явления могут быть разного рода дифференцированные неотектонические сжатия глубинных упругих водонефтяных резервуаров [I]. Возникновению и поддержанию аномально-высоких пластовых давлений способствуют также сейсмические толчки, вулканизм, многолетняя мерзлота и другие факторы.

Наибольшие ресурсы подземных вод ГСО приурочены к участкам предгорных шлейфов, долин рек, карстовых массивов, зон тектонических нарушений, ВБ склонового типа, сложенных неоген-четвертичными отложениями. В АБ для выявления наибольших скоплений следует привлекать палеогидрогеологический анализ. Благоприятные условия для формирования мощных и сильно обводненных комплексов наблюдаются в АБ на участках палеодолин крупных рек, в центральных частях грабенов и прогибов [I2]. Недостатком гидрогеологических исследований месторождений подземных вод ГСО остается ненадежность получаемых гидрогеологических параметров, слабая изученность режима подземных вод - как естественного, так и его изменений при эксплуатации водоносных горизонтов.

Изучение региональной гидрохимии ГМ и ВБ показывает, что в гумидных условиях высотная гидрохимическая поясность проявляется в нарастании от водоразделов к главным гидрогеологическим базисам минерализации грунтовых вод (от 0,03 до 0,05 г/л) и в сложных изменениях катионного состава при сохранении в качестве преобладающего гидрокарбонат-иона. В аридных областях рост минерализации происходит быстрее, а состав грунтовых вод оказывается весьма пестрым.

При исследовании формирования химического состава грунтовых вод ГМ и ВБ часто не учитывается привнос солей из атмосферы, достигающий I0-20 т/км^2 и более в год и играющий существенную роль в солевом балансе пресных вод (до 30-60% от их минерализации). По этой причине процессы выщелачивания водовмещающих пород в зоне их выветривания должны рассматриваться на фоне атмосферного солевого питания.

Совсем недавно среди гидрогеологов господствовало мнение о практическом отсутствии соленых вод и рассолов в ГМ и ВБ, сложенных метаморфическими и эффузивными несоленосными породами. Отдельные сообщения о вскрытии в них высокоминерализованных вод рассматривались как случайные. Сей-

час соленые воды и рассолы обнаружены во многих точках различных ГМ (Балтийский, Украинский, Алданский щиты, Урал и др.) и ВБ (Камчатка, Армения, юг Дальнего Востока и др.).

Чаще всего образование соленых вод и рассолов связывается с древними морскими трансгрессиями (Украинский щит, Урал), иногда с процессами соленакопления и выщелачивания (Армения). Вскрытие на Балтийском щите на глубине 4-7 км хлоридных рассолов специфического облика позволяет предполагать влияние на их образование глубинных флюидов. Не исключено также, что соленые воды и рассолы имеют в глубоких зонах ГМ и ВБ (более 5-7 км) весьма широкое, если не повсеместное распространение. Дальнейшие исследования приоткрывают завесу над этими тайнами. Важно отметить, что изучение глубинных растворов мантийного происхождения имеет важное значение не только для гидрогеологии, но и для решения проблем гидротермального рудообразования и вулканизма.

Горноскладчатые области являются богатейшей кладовой разнообразных типов минеральных вод - лечебных, промышленно-ценных и термальных. Изучением закономерностей распространения и формирования этих вод занимались многие поколения гидрогеологов [I9]. В последние годы их внимание приковано к исследованию изотопного, микрокомпонентного, микробиологического и газового состава вод. В частности, по изотопным данным, установлено присутствие мантийной составляющей в некоторых гидротермах Байкальской рифтовой системы [I4], Камчатки, Исландии и других районов. Многие вопросы формирования минеральных вод остаются дискуссионными: глубина циркуляции термальных вод; доля ювенильных вод в химическом и тепловом балансе современных терм областей вулканизма и рифтогенеза; генезис бора, мышьяка, редких и других элементов в минеральных водах; палеогидрогеология минеральных вод и их роль в рудообразовании; физико-химические процессы формирования минеральных вод в разных типах структур и на различных глубинах.

В АБ горноскладчатых областях получили распространение разнообразные типы подземных вод - как по химическому составу, так и по минерализации. Их образование связано с процессами седиментогенеза, катагенеза, вулканизма, инфильтрации пресных вод метеорного происхождения.

Обработка материалов по химии пресных вод АБ [I2] показывает, что наибольшее разнообразие состава вод до глубины 200 м наблюдается в районах аридного климата и приморских АБ. В районах гумидного климата в этом интервале обычно распространены гидрокарбонатные магниево-кальциевые воды. С глубиной возрастает роль гидрокарбонатов и хлоридов натрия. В АБ, где отмечается засоленность и загипсованность отдельных горизонтов, пресные воды часто приобретают сульфатный и хлоридный облик, а гидрохимический разрез имеет инверсионный характер.

Максимальная глубина обнаружения пресных вод достигает в АБ нашей страны 2-3 км (Северо-Сахалинский, Прибайкальские, Илийский, Рионский и другие АБ). Такое глубокое опреснение наблюдается на тех участках АБ, где разрез сложен пресноводно-континентальными отложениями конусов выноса и рек, накапливающихся в течение длительного времени, иногда до 70-I20 млн. лет.

Изучение условий формирования мощных скоплений пресных вод, закономерностей распределения в них химических элементов, особенно биологически активных, имеет важное теоретическое и практическое значение для решения задач водоснабжения, поисков и разведки минеральных вод (железистых, радиоактивных, кремнистых) и других целей. При этом особое внимание следует уделять процессам изменения пресных вод в результате активной промышленной и сельскохозяйственной деятельности человека.

Соленые воды и рассолы обнаружены в чехле многих АБ (Ферганский, Закарпатский, Илийский и др.), где они связаны с соленосными, лагунными и морскими отложениями. Образование и сохранение высокоминерализованных вод, изменение их состава в условиях интенсивного стока пресных вод с горно-складчатого окружения представляет интересную и далеко не решенную проблему.

Региональные гидрогеологические исследования ГСО дают основу для решения многих теоретических и практических вопросов. Горные области представляют собой территории, которые пока мало коснулась человеческая деятельность. Но вполне очевидно, что уже сейчас следует прогнозировать последствия хозяйственного освоения предгорных и горных районов, его влияния на баланс, динамику и состав подземных вод разных типов гидрогеологических структур. Эти проблемы встают в полный рост и требуют своего решения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аникеев К.А. Аномально высокие пластовые давления в нефтяных и газовых месторождениях. - Тр. ВНИГРИ. Л., Гостоптехиздат, 1964, вып. 233, 168 с.

2. Боревский Б.В. Определение изменения водоотдачи трещиноватых пород с глубиной. - Тр. ВСЕГИНГЕО. М., 1971, вып. 45, с. 41-56.

3. Всеволожский В.А. Формирование подземного стока в артезианских бассейнах платформенного типа. Автореф. докт. дисс. М., изд-во МГУ, 1977, 56 с.

4. Гидродинамика глубинных зон артезианских бассейнов. Тезисы д-дов совещания / Ред. Е.А.Басков, В.А.Кирюхин, Л., изд. Географ. о-ва СССР, 1972, 142 с.

5. Зайцев И.К., Толстихин Н.И. Основы структурно-гидрогеологического районирования СССР. - В кн.: Материалы по региональной и поисковой гидрогеологии. Тр. ВСЕГЕИ. Новая сер. Л., 1963, т. 101, с. 5-35.

6. Зайцев И.К. О принципах гидрогеологической стратификации. - В кн.: Проблемы гидрогеологического картирования и районирования. Л., изд. Географ. о-ва СССР, 1971, с. 45-55.

Зайцев И.К. Некоторые проблемы составления гидрогеологических карт. - В кн.: Проблемы гидрогеологического картирования и районирования. Л., изд. Географ. о-ва СССР, 1971, с. 61-74.

8. Зайцев И.К., Толстихин Н.И. Классификация подземных вод и горных пород - основа гидрогеологического картирования и районирования. - В кн.: Проблемы гидрогеологического картирования и районирования. Л., изд. Географ. о-ва СССР, 1971, с. 4-15.

9. Зеленой А.И., Кирюхин В.А. К оценке подземного стока на юге Дальнего Востока. - Зап. ЛГИ, 1971, т. 62, вып. 2, с. 31-38.

10. Караванов К.П. Бассейны подземных вод горноскладчатых областей Восточной Азии. - Тр. Тихоокеанск. ин-та географии АН СССР. М., Наука, 1977, 142 с.

Кирюхин В.А. Вопросы среднемасштабного гидрогеологического картирования горно-складчатых областей. - В кн.: Проблемы гидрогеологического картирования и районирования. Л., изд. Географ. о-ва СССР, 1971, с.92-95.

12. Кирюхин В.А. Формирование подземных вод юга Дальнего Востока. Автореф. докт. дисс. Л., изд.ЛГИ, 1975, 66 с.

13. Маринов Н.А. Еще раз о методике составления общих гидрогеологических карт. - Тр.ВСЕГИНГЕО. М., 1969, вып.24, с.165-175.

14. Ломоносов И.С., Пампура В.Д. Геохимические критерии ювенильности современных гидротерм Байкальского рифта и Восточно-Камчатской вулканической зоны. - В кн.: Проблемы рифтогенеза. Материалы к симпозиуму по рифтовым зонам Земли. Иркутск, изд.СО АН СССР, 1975, с.74-75.

Объяснительная записка к гидрохимической карте СССР в масштабе 1:5000000 / Ред. И.К.Зайцев. М., Госгеолтехиздат, 1958, 140 с.

16. Овчинников А.М. Особенности гидрогеологии горных стран. - ДАН СССР, 1946, т.54, №3, с.259-262.

17. Озерская М.Л. Графо-аналитический метод исследования распределения физических свойств с глубиной. - Сов.геология, 1967, №3, с.98-106.

18. Основные типы гидрогеологических структур. Сб.статей / Под ред. И.К.Зайцева. - Тр.ВСЕГЕИ. Новая сер. Л., 1974, т.229, 92 с.

19. Посохов Е.В., Толстихин Н.И. Минеральные воды. Л., Недра, 1972, 240 с.

20. Рац М.В., Чернышев С.Н. Трещиноватость и свойства трещиноватых пород. М., Недра, 1970, 158 с.

21. Рябченков А.С. О принципах гидрогеологической стратификации. - Сов.геология, 1959, №3, с.101-113.

22. Толстихин Н.И., Кирюхин В.А. О закономерностях размещения подземных вод СССР. - Зап.ЛГИ, 1971, т.62, вып.2, с.16-22.

23. Фиделли И.Ф. О гидрогеологическом районировании горноскладчатых областей. - Вестник МГУ, 1972, №3, с.61-72.

24. Философов В.П. Краткое руководство по морфометрическому методу поисков тектонических структур. Изд. Саратовск. ун-та. 1960, 93 с.

25. Ярцев Н.А. Методика расчета водозаборов в зоне выветривания горных пород. - Зап.ЛГИ, 1971, т.62, вып.2, с.51-58.