

ЛИТЕРАТУРА

1 Официальный сайт Комитета геологии и недропользования Министерства индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан, <http://geology.miid.gov.kz/ru/pages/upravlenie-ekspertizy-i-fonda-nedr>

2 Программа Президента Республики Казахстан от 20 мая 2015 года «План нации - 100 конкретных шагов». <http://adilet.zan.kz/rus/docs/K1500000100>

3 Классификация запасов месторождений, перспективных и прогнозных ресурсов нефти и природного углеводородного газа. Утверждена приказом министра энергетики и природных ресурсов Республики Казахстан от 13 августа 1997 г., № 99. <http://adilet.zan.kz/rus/docs/V970000463>

4 Классификация эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод. Утверждена приказом министра энергетики и природных ресурсов Республики Казахстан от 13 августа 1997 г., № 99. <http://adilet.zan.kz/rus/docs/V970000462>

5 Классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Утверждена приказом председателя Комитета геологии и охраны недр от 28 августа 2001 г., № 268-п. http://ponen.kz/download/library/klassifikaciya_zapasov_tpi.pdf

6 Кодекс Республики Казахстан от 27 декабря 2017 года, № 125-VI ЗРК «О недрах и недропользовании». <http://adilet.zan.kz/rus/docs/K1700000125>

7 Водный кодекс Республики Казахстан от 9 июля 2003 года, № 481 (с изменениями и дополнениями по состоянию на 28.12.2018 г.). <http://adilet.zan.kz/rus/docs/K030000481>

8 Рамочная классификация ископаемых энергетических и минеральных запасов и ресурсов Организации Объединенных Наций 2009 года, включая спецификации для ее применения. Серия публикаций ЕЭК по энергетике №42.

9 Классификация эксплуатационных запасов и прогнозных ресурсов подземных вод. –Алматы, 1992.

УДК 556.3:333.93 (574.5)

Е. И. Лагутин
E. I. Lagutin

*Институт водных проблем и экологии Республики Казахстан
Қазақстан Республикасының Су мәселесі мен экология институты
Institute of water problems and ecology of the Republic of Kazakhstan
Eliktz4065@mail.ru*

СОВРЕМЕННЫЕ ПРИНЦИПЫ ТИПИЗАЦИИ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОСФЕРЫ ВНУТРИКОНТИНЕНТАЛЬНЫХ ОРОГЕНОВ (НА ПРИМЕРЕ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ)

ІШКІ КОНТИНЕНТАЛДЫ ОРГЕНДЕРДЕ ЖЕРАСТЫ ГИДРОСФЕРАНЫ ЖІКТЕЛҮДІҢ ЗАМАНАУИ ҚАҒИДАЛАРЫ (ОРТАЛЫҚ АЗИЯ МЫСАЛЫНДА)

MODERN PRINCIPLES OF TYPIFICATION OF UNDERGROUND HYDROSPHERE INTERCONTINENTAL OROGENS (ON THE EXAMPLE OF CENTRAL ASIA)

Целью статьи является исторический концептуальный анализ различных принципов и методов гидрогеологической типизации (районирования) подземной гидросферы на территории бывшего СССР и постсоветского пространства Центральной Азии, а также предложение принципиально нового подхода к гидрогеологическому районированию на основе геогидродинамического принципа с выделением в качестве основного элемента районирования **геогидродинамических систем**. В историческом аспекте рассмотрены различные стороны совершенствования районирования – понятия и термины, горизонтальные и вертикальные границы,

гидрогеологические структуры, системы целей, моделирование, прогностическая роль районирования. Предложена новая оригинальная методика типизации (районирования) подземной гидросферы, позволяющая выполнить достоверную, математически обоснованную оценку общих водных ресурсов регионов с учетом взаимодействия поверхностного и подземного стока.

Ключевые слова: концептуальный критический анализ, принципы и методы гидрогеологической стратификации, методы оценки водоресурсного потенциала, гидродинамический подход, типизация подземной гидросферы.

Мақаланың мақсатына бұрынғы КСРО және Орталық Азияның посткеңестік кеңістігінің территориясында жерасты гидросфераны гидрогеологиялық жіктеудің (аудандаудың) әртүрлі қағидалары мен әдістеріне тарихи концептуалды талдау, сонымен қатар аудандаудың негізгі бөлігі ретінде – геогидродинамикалық жүйелеуді қолдана отырып геогидродинамикалық қағидалар негізінде гидрогеологиялық аудандаудың жаңа әдістерін ұсыну жатады. Тарихи аспектіде аудандауды жетілдірудің әртүрлі жақтары қарастырылған – түсініктер мен терминдер, көлденең және тік шекаралар, гидрогеологиялық құрылымдар, мақсаттар жүйесі, үлгілеу, аудандаудың болашау мақсаты. Жерасты гидросфераның жаңа біріншілік жіктеу (аудандау) әдістемесі берілге, ол жерасты және жер беті ағыстарының өзара әрекеттесуін ескере отырып аймақтардың жалпы су ресурстарына нақты, математикалық тұрғыдан дәлелденген бағалауды бере алады.

Түйінді сөздер: концептуалды шектік талдау, гидрогеологиялық стратификацияның қағидалар мен әдістерінің, суресурсты потенциалды бағалау әдістері, гидродинамикалық әдістер, жерасты гидросфераның жіктелуі.

The aim of the article is a historical conceptual analysis of various principles and methods of hydrogeological stratification (regionalization) of the underground hydrosphere on the territory of the former USSR and the post-Soviet space of Central Asia, as well as the proposal of a fundamentally new approach to hydrogeological zoning on the basis of the hydrodynamic principle with the allocation as the main element of zoning-geohydrodynamic systems. Historically, various aspects of the improvement of zoning – concepts and terms, horizontal and vertical boundaries, hydrogeological structures, target systems, modeling, prognostic role of zoning. A new original stratification technique is proposed, which allows to perform a reliable assessment of the total water resources of the regions taking into account the interaction of surface and underground runoff.

Keywords: conceptual critical analysis, principles and methods of hydrogeological stratification, methods for assessing water resource potential, hydrodynamic approach, typification of the underground hydrosphere.

Введение в историю проблемы. Нет нужды сегодня говорить о той роли, которую сыграли внутриконтинентальные орогены в истории развития цивилизаций Центральной Азии. Это общеизвестно. Являясь «водонапорными башнями» для окружающих равнинных территорий, создавая обширную речную и озерную сеть, орогены издавна привлекали под свои своды, испещренные благодатными оазисами, огромные массы людей. Целые цивилизации – от самых древнейших до средневековых – создавались и разрушались в связи с наличием или исчезновением поверхностных водных источников. В настоящее время на фоне прогрессирующей аридизации климата, сокращающихся объемов воды современных ледников и снежников уже современные высокоразвитые цивилизации вынуждены очень настороженно и активно обеспечивать свои социальные и экономические потребности в водных ресурсах,

учитывать все имеющиеся водные источники, особенно высококачественных пресных вод. При этом одним из важнейших факторов являются учет, оценка и рачительное использование подземных водных ресурсов. Вот почему проблема научного обоснования закономерностей формирования, количественной оценки, прогнозирования и инженерной геодинамики подземного стока является сегодня проблемой водной безопасности любого государства, особенно государств Центральной Азии, возникших на постсоветском пространстве и развивающихся с опорой только на собственные ресурсы и социально-экономические возможности. Именно эти обстоятельства и определяют актуальность, своевременность и насущную необходимость предлагаемого научного материала.

Вопросы общего гидрогеологического районирования всегда имели и имеют важнейшее значение в региональной гидрогеологии. Являясь основным способом обобщения накапливаемой информации, они возникли давно, на рубеже XIX–XX веков и с тех пор постоянно являются объектом исследования и обсуждения. Решению актуальных гидрогеологических проблем территорий Центральной Азии (ЦА) посвящены труды многих исследователей-гидрогеологов: У. М. Ахмедсафина [2], Б. Н. Архангельского [1], Ж. С. Сыдыкова, В. Ф. Шлыгиной [51], П. Г. Григоренко [6,7], Н. И. Толстихина [11,43,53], А. М. Овчинникова [47], Н. А. Маринова [41], Е. И. Лагутина [13–37], С. Ш. Мирзаева [42], В. М. Шестакова, Н. К. Позднякова [55] и др. Данные изученности подземных вод свидетельствуют о недостатках современных принципов и схем гидрогеологического районирования [20,21,23,24,32–34], а инженерно-геологические исследования испытывают определенные затруднения в интегральной оценке георисков [30,31,54].

Теория географической зональности грунтовых вод. Впервые зональные закономерности в географическом распространении, глубине залегания, водообильности и минерализации грунтовых вод на Европейской равнине выявил П. В. Отоцкий, выделив на этой территории четыре сменяющие друг друга с севера на юг широтные зоны [45]: 1) зону неглубоких, сливающихся с поверхностными, обильных, почти совершенно неминерализованных вод с избытком органического вещества; 2) зону неглубоких, сравнительно обильных, чрезвычайно мало минерализованных вод хорошего качества; 3) зону умеренно обводненную, местами с глубокими, значительно минерализованными водами; 4) зону южную, маловодную и безводную, с

глубокими минерализованными грунтовыми водами. П. В. Отоцкий писал, что «в Азиатской России, насколько позволяют судить скудные литературные источники, грунтовые воды распределяются в том же закономерном порядке, что и в Европейской» [45]. Схема П. В. Отоцкого является первой попыткой районирования грунтовых вод на основе природной зональности.

Дальнейшей разработке теории зональности грунтовых вод и основанных на ней принципов гидрогеологического районирования посвящены работы [1–3, 5–7, 10, 11, 45]. Сопоставление схем и карт этих исследователей свидетельствует о двух разных подходах к проблеме районирования. Один из них характеризуется стремлением использовать в качестве признаков районирования природные факторы, определяющие формирование грунтовых вод: климат, рельеф, геологическое строение территории. Этот подход отражен в работах [1, 2]. Однако, несмотря на единый подход, авторы использовали при районировании разные признаки, поэтому созданные ими схемы и карты отличаются и содержанием, и границами выделенных таксономических единиц. Второй подход к проблеме гидрогеологического районирования на основе природной зональности встречается у исследователей, которые в основу своих схем положили признаки, отражающие свойства самих грунтовых вод: их химический состав, минерализацию, тип формирования [1–3, 7]. Так, Н. И. Толстихин применил теорию природной зональности к артезианским водам и по особенностям воздействия климатических факторов на формирование подземных вод на территории СССР выделил два крупных гидрогеологических пояса артезианских бассейнов: 1) пояс отрицательных температур подземных вод (мерзлая зона); 2) пояс положительных температур подземных вод (таялая зона) [11]. Позже он в пределах суши и сопредельных морей земного шара выделил восемь поясов артезианских бассейнов: Арктический, Бореальный, Средиземноморский, Экваториальный, Южный, Приантарктический, Антарктический, Тихоокеанский. Пояса состоят из артезианских областей, которые объединяют системы артезианских бассейнов [53].

Геолого-структурный принцип гидрогеологического районирования. Он впервые был разработан и применен к глубоким (артезианским) подземным водам и связан с исследованиями С. Н. Никитина, М. М. Пригоровского, М. М. Васильевского [1–2, 3, 7, 9, 46, 49]. С. Н. Никитин еще в конце XIX столетия впервые выявил за-

кономерности распространения артезианских и грунтовых вод на Русской равнине, разделив ее на несколько гидрогеологических бассейнов подземных вод, в числе которых был и Подмосковский бассейн [46]. Позже М. М. Пригоровский обобщил разрозненные знания об артезианских водах Русской равнины и охарактеризовал пять главнейших артезианских бассейнов [49]: 1) северо-западная область распространения кембро-силурийских и девонских артезианских горизонтов; 2) центрально-русский артезианский бассейн (совпадающий с Подмосковной котловиной); 3) южнорусский (Харьковско-Полтавский); 4) артезианские воды в пределах южнорусской кристаллической полосы; 5) артезианские воды к югу от кристаллической полосы. Шесть геологических разрезов, пересекающих описанные бассейны, давали представление о возможностях использования напорных вод в различных частях Русской равнины. М. М. Васильевский, подчеркивая, что именно геологическая структура определяет основные условия залегания и движения подземных вод, за основные единицы (единицы I порядка) гидрогеологического районирования глубоких артезианских вод принял гидрогеологические бассейны, гидрогеологические провинции и гидрогеологические горно-складчатые области, соответствующие трем формам геологических структур: впадинам, поднятиям и складчатым структурам [3]. Те части основных единиц районирования, которые не имеют особенностей бассейна или горно-складчатой области, М. М. Васильевский назвал гидрогеологическими районами [3]. Выделять таксономические единицы второго и следующих порядков автор рекомендовал по геолого-структурному или стратиграфическому признаку. Идея общего гидрогеологического районирования и, в частности, глубоких артезианских вод по геолого-структурному принципу нашла широкий отклик у исследователей-гидрогеологов [1–3, 7, 48].

Горизонтальные границы гидрогеологических районов. Границы районов в зависимости от картируемых объектов проводятся авторами по-разному. Б. Л. Личков [39], М. М. Васильевский [3], О. К. Ланге [38] границы основных гидрогеологических районов проводят по контурам геологических структур, а И. К. Зайцев [11], Н. И. Толстихин [43] границы между артезианскими бассейнами и гидрогеологическими массивами – по контакту пород на поверхности земли между чехлом и фундаментом. Н. А. Маринов определяет границы гидрогеологических районов I порядка

по гидрогеологическим водоразделам [41], Е. В. Пинеккер – с учетом границ крупных структурных элементов, геологической истории развития и неотектоники. Разумеется, что и границы районов II и следующих порядков также не имеют единого обоснования; это могут быть структурные границы, дизъюнктивные нарушения, контуры распространения основных водоносных комплексов, гидрогеологические водоразделы и др.

Вертикальные границы гидрогеологической типизации (районирования). Существенное значение при региональном гидрогеологическом районировании приобретает выделение не только горизонтальных территориальных границ – гидрогеологических районов, но и их вертикальных границ. На ранних этапах развития гидрогеологии за основу разделения водоносных пород в разрезе принималось понятие «водоносный горизонт» (слой или пласт). Со временем, когда выяснилось сложное строение водоносных толщ, началось выделение водоносных комплексов и горизонтов в увязке с геологической стратификацией. При региональных обобщениях требовались развитие и уточнение принципов гидрогеологической стратификации. А. М. Овчинников, указывая на важность учета структурных этажей при выделении бассейнов подземных вод, считал необходимым не только строго различать структурный этаж, к которому приурочен каждый бассейн подземных вод (палеозойский, мезозойский и т.д.), но и особо выделять многоэтажные бассейны [47].

Наиболее полно эти проблемы рассмотрены в работе Ж. С. Сыдыкова и В. Ф. Шлыгиной [51]. Оставаясь на позициях общего гидрогеологического районирования по геолого-структурному принципу, они дополнили такой подход к районированию разработанной схемой гидрогеологической стратификации. Ими выделены следующие соподчиненные единицы: гидрогеологический этаж – гидрогеологическая серия – водоносный комплекс – водоносный горизонт и слой. Вместе с тем нельзя признать общность, универсальность такого подхода в гидрогеологической стратификации. Тем более что авторы и сами косвенно указали на это, подходя к гидрогеологическому районированию с геолого-структурных позиций, применяемых, как уже неоднократно подчеркивалось, для раздельного гидрогеологического районирования артезианских (напорных) вод. Действительно, в артезианских бассейнах платформ можно уверенно проследить горизонтальные, выдержанные по площади и в разрезе гидрогеологические

комплексы и этажи. Однако в горно-складчатых районах, где преобладают (грунтовые) воды и где водовмещающие отложения, перемятые в складки, часто залегают почти вертикально с угловым и стратиграфическим несогласием, такой сугубо геолого-структурный подход для характеристики гидрогеологической системы, очевидно, мало применим. Водовмещающими являются здесь все отложения, выходящие на дневную поверхность, в них формируется комплекс безнапорных или безнапорно-субнапорных вод. Соответственно эти отложения целесообразно обозначать, оставаясь в рамках соподчинения единиц гидрогеологической стратификации, комплексом, а отдельный стратиграфически и литологически выдержанный слой – водоносным горизонтом.

О понятиях и терминах в гидрогеологическом районировании. В литературе неоднократно разворачивалась дискуссия относительно понятий и терминов, кладущихся в основу районирования, принципов и схем районирования артезианских вод, показавшая разнообразнейшие мнения по этой проблеме. При этом применение той или иной из этих схем определяется не какими-либо ее преимуществами перед всеми остальными, а часто ведомственной принадлежностью коллектива исследователей, разрабатывающего схему. Так, последняя по времени методика и схема регионального районирования территории СССР, разработанная во ВСЕГИНГЕО под руководством Л. А. Островского, неизбежно должна была получить широкое распространение, так как она исходила из организации, ведущей методическое обеспечение гидрогеологической службы всей страны (через систему Министерства геологии СССР) [48]. Необходимо отметить, что названная методика представляется одной из наиболее обоснованных и разработанных. В ней впервые предпринята попытка анализа и обобщения накопленного опыта общего гидрогеологического районирования, учесть и увязать все возможные недочеты и спорные моменты предыдущих методик и схем. Тем не менее с позиций системного анализа она в определенной степени может рассматриваться как шаг назад вследствие того, что в ней снова предлагается совмещение принципов районирования грунтовых и артезианских вод.

Следует признать, что эта попытка не удалась. Основываясь на геолого-структурном принципе районирования, Л. А. Островский даже в бассейнах более мелкого порядка не учитывал очевидные дивергентные границы, характерные для потоков

грунтовых (безнапорных) вод. Такие границы далеко не всегда совпадают с границами геологических структур. Это привело к тому, что некоторые бассейны безнапорных вод с законченным циклом их формирования (например, на территории низких орогенов Центрального Казахстана) в соответствии со схемой районирования оказались разделенными, а их части попали в разные структурные единицы самого высокого порядка [48].

Аналогичная ситуация сложилась при гидрогеологическом районировании Кыргызстана, где автор структурно-гидрогеологического районирования П. Г. Григоренко [7], чтобы не нарушить сам принцип районирования, был вынужден отнести к разряду «артезианских бассейнов», как одного из основных элементов такого районирования, наряду с «гидрогеологическими массивами», еще и имеющие место на территории Тянь-Шаня бассейны грунтовых вод под названием «артезианских бассейнов грунтовых вод», что само по себе нонсенс.

Системы целей в гидрогеологическом районировании. Приведенные примеры вполне объективно характеризуют состояние системы целей регионального районирования. Указанное часто приводит к ситуации, когда возникает вопрос: зачем, с какой целью, собственно, выполняется региональное гидрогеологическое районирование, если существуют продукты специального гидрогеологического районирования – гидрогеологические карты различного масштаба (охватывающие в том числе крупные регионы, территорию страны), на которых в принципе отражена вся необходимая гидрогеологическая информация? По мнению академика В. В. Веселова [4], целесообразно и необходимо ввести иерархию в системы целей регионального гидрогеологического районирования. «Главная цель выполняемого районирования – учет и оценка ресурсов подземных вод на основе систематизации и обобщения результатов всех предшествующих районированию гидрогеологических исследований. Учету и оценке ресурсов подземных вод должно предшествовать выделение гидрогеологических емкостей с полным (и законченным в пределах этих емкостей) циклом формирования подземных вод, с индивидуальными условиями их залегания и циркуляции. Выявление закономерностей формирования подземных вод, их химического состава и, кроме того, емкостей представляет собой целевую функцию следующего, более низкого уровня. На базе указанных закономерностей выполняются собственно учет и оценка ресурсов подземных вод. Наконец, целью

или задачей третьего, самого низкого уровня является выделение гидрогеологических емкостей» [4].

Изложенная концепция позволяет достаточно объективно и четко ответить на вопрос: с какой целью районирование выполняется? Она дает представление о соподчинении целей в системе и, наконец, не противоречит уже существующим и достаточно расплывчатым представлениям о целевых функциях регионального гидрогеологического районирования.

В предложенной системе целей общего гидрогеологического районирования четко прослеживаются связь и соподчинение общего и частного районирования. Отраслевое же и общее по этому признаку не различаются, так как в качестве последнего выступает искусственно введенное отличие по объекту районирования. Как обратную связь от общего районирования к частному, по нашему мнению, можно назвать то, что районирование по условиям формирования подземных вод на основе прямого показателя (например, по величине естественных ресурсов подземных вод) возможно только в рамках выделенной гидрогеологической емкости с полным и завершенным циклом их формирования [4, 15]. Мы разделяем эту точку зрения [15]. Естественные ресурсы подземных вод (подземный сток) выступают и как характеристика входа в выделенную гидрогеологическую систему (емкость) и выхода из нее.

Широко известно, что наиболее совершенным общенаучным инструментом познания в последнее время становится системный анализ. Методология системного анализа, объектами которого считаются и картографические модели территорий в гидрогеологии, развивалась вслед за системными представлениями в географии, где на первое место выдвигается задача выделения функции геосистемы (ГИС) [4]. По аналогии с географической системой для гидрогеологической системы функция устанавливается на основе исследования взаимосвязей компонентов системы, а изучение миграции вещественно-энергетических потоков дает территориальную приуроченность ее интенсивности – территориальную дифференциацию [23–27].

Моделирование при гидрогеологическом районировании. Привлечение моделей очень полезно для общего гидрогеологического районирования, что обеспечивает его логическую завершенность. В этом случае достаточно четко может быть определено содержание общего гидрогеологического районирования [27–29]. Оно пред-

ставляет собой попытку получения дискретного распределения какого-либо параметра по площади в целях введения весов выделенных территориальных фрагментов при оценках интегрального значения параметра на рассматриваемой площади. В свою очередь, интегральные значения параметра в выделенном фрагменте являются следствием более крупномасштабного районирования внутри фрагмента [4, 27–30]. Таким образом, детальность районирования задается уровнем генерализации (масштабом), в котором районирование осуществляется. Предложенная формулировка содержания районирования четко предписывает последовательность районирования – от крупномасштабного к мелкомасштабному, что полностью соответствует очевидным подходам к генерализации в картографии; мелкомасштабные карты строятся на основе крупномасштабных и ни в коем случае не наоборот.

Прогностическая роль гидрогеологического районирования. Сюда тесно примыкает проблема прогностической роли районирования. Показано, что «отнесение какого-либо объекта к тому или иному таксону классификации или районирования возможно лишь на основе некоторого минимума информации об этом объекте. Соответственно классификация прямого прогностического значения, понимаемого таким образом, что соотнесение объекта с каким-то таксоном классификации обеспечивает получение новых сведений о параметрах, характеризующих объект, не имеет. Точно так же необходимость обобщения параметров при районировании от крупного масштаба к мелкому исключает возможность априорного выделения объекта мелкомасштабного районирования и его привязки к территории» [4]. Именно здесь кроется причина попыток районирования по косвенным признакам – геолого-структурным, геоморфологическим, климатическим и другим особенностям территории. Использование последних в качестве основы районирования в принципе снимает проблему синергетического эффекта районирования, так как сходство территорий по косвенным признакам дает новую информацию о гидрогеологических условиях еще не изученных регионов [4, 13–29]. Имеющаяся гидрогеологическая изученность территорий крупных регионов тем не менее не обеспечивает возможность установления четких прямых критериев районирования этих регионов. Но, с другой стороны, удалось эмпирически определить удачный подход к районированию напорных вод, например, на основе геолого-структурных (косвенных) признаков – геолого-структурные

элементы, как оказалось, достаточно точно отождествляются с гидрогеологическими телами, имеющими законченный цикл формирования напорных вод. Точно так же использование в первую очередь геоморфологических параметров территории обеспечило объективное выделение границ гидрогеологических тел, для которых характерен законченный цикл формирования безнапорных (грунтовых) вод. Например, водораздельные линии (водораздельные для поверхностных вод) в отдельных случаях достаточно четко фиксируют также дивергентные границы потоков подземных вод, а линии базисов эрозии – конвергентные границы этих потоков [4, 13–29].

Подводя итог обзора важнейших работ по принципам гидрогеологического районирования, отметим, что наиболее изучены эти вопросы для платформенных условий. Установлено и признается большинством авторов, что основные закономерности формирования подземных вод, выражающиеся в форме гидродинамической и гидрогеохимической зональностей, в основном определяются геоструктурным положением гидрогеологических бассейнов [6–7, 11].

Особенности гидрогеологического районирования горно-складчатых областей Центральной Азии. Для горно-складчатых областей указанные вопросы разработаны явно недостаточно, освещены в литературе слабо. В то же время, по справедливому замечанию Н. А. Маринова, «выделение на гидрогеологических картах складчатых областей и массивов в настоящее время уже недостаточно, ибо оно не раскрывает их внутреннего содержания» [41]. Он считает, что если за предмет гидрогеологического районирования взять подземные воды и структуры, к которым они приурочены, или геоморфологию, то в каждом конкретном районе можно легко установить характер формирующихся в них подземных вод [41].

Первый опыт гидрогеологического районирования территории Тянь-Шаньского орогена связан с исследованиями Б. К. Терлецкого [52]. В качестве основы указанного районирования взяты общепринятые географические понятия, но наряду с этим учтены также некоторые геоструктурные и литолого-стратиграфические признаки. М. М. Крылов и М. А. Шмидт [12] в 1936 г. предложили гидрогеологическое районирование Средней Азии с учетом типов подземных вод и гидрогеологических типов. Указанные авторы отмечали наличие вертикально-зональных и аazonальных подземных вод. При районировании горных районов они счи-

тали необходимым учет подземных водоразделов.

М. М. Васильевский, Н. В. Барсук [3] предложили первое гидрогеологическое районирование азиатской части СССР по геоструктурному принципу. Они уже рассматривают Тянь-Шань в составе Памиро-Тянь-Шаньской горно-складчатой гидрогеологической области. В пределах Тянь-Шаня авторы выделяют гидрогеологические районы хребта Каратау, северных дуг Тянь-Шаня (с трещинными водами), Иссык-Кульский и Ферганский гидрогеологические бассейны (с пластовыми водами) [3]. Развивая с указанных позиций гидрогеологическое районирование Киргизии, П. Г. Григоренко и М. М. Крылов [6] особо выделяют для северной ее части Чуйскую, Иссык-Кульскую и Таласскую впадины и подчеркивают намечающуюся внутри впадин гидрогеологическую зональность.

Более широко вопрос о гидрогеологической зональности межгорных впадин был рассмотрен О. К. Ланге [38] на материале Средней Азии. Автор выделяет самостоятельную гидрогеологическую зону подгорных шлейфов и предгорных равнин, последнюю подразделяет на подзону – поглощения вод атмосферных осадков и поверхностных водотоков, выклинивания грунтовых вод, погружения зеркала подземных вод аллювиальных долин [38]. Все горные территории (в том числе Киргизии) выделены О. К. Ланге в «область азональных грунтовых вод разного типа» [38]. Несколько позже П. Г. Григоренко [6,7] объединил межгорные впадины Киргизии по геоструктурным и геоморфологическим признакам в три основных комплекса: горный, предгорный и равнинный. В пределах межгорных впадин выделяются своеобразные геоморфологические типы – конуса выноса, пролювиальной слабонаклонной равнины, аллювиальной дренирующей долины, приозерной равнины, которые отличаются своеобразием различных комплексов. Названные комплексы, по мнению П. Г. Григоренко, «являются одновременно и гидрогеологическими, так как основные особенности региональных закономерностей их гидрогеологических условий наиболее ярко отражены именно в геоморфологии».

В работе [6] по существу впервые были систематизированы с точки зрения их гидрогеологии практически все наиболее крупные впадины Киргизии. Хотя эта классификация не была лишена недостатков, она явилась существенным шагом вперед в систематике гидрогеологических условий Тянь-Шаня в целом. К основным ее недо-

статкам относятся на наш взгляд преувеличение геоморфологического фактора в формировании подземных вод и недоучет таких важных для условий горно-складчатых областей факторов, как климат и ландшафты, с их своеобразными закономерностями распределения. Недостаточно четко раскрываются в геоморфологических формах особенности динамики подземных вод, особенно глубоко погруженных. Нет в работах [6,7] четкого определения гидрогеологических границ выделяемых впадин. В 1971 г. П. Г. Григоренко [7] была предложена «Схема регионального гидрогеологического районирования Киргизского Тянь-Шаня». В качестве основных типов гидрогеологических структур выделяются «артезианские бассейны» и «гидрогеологические массивы». Граница между ними проводится по контакту фундамента (допалеозойские и палеозойские породы) и чехла (мезозойско-кайнозойские образования). Артезианские бассейны подразделены на межгорные и склоновые, межгорные объединены далее в четыре группы. По сочетаниям артезианских бассейнов и гидрогеологических массивов выделены гидрогеологические регионы и подрегионы. Эта обстоятельная и сложно построенная схема гидрогеологического районирования Киргизии представляет собой наиболее удачную попытку использования геолого-структурного принципа при гидрогеологическом районировании Тянь-Шаньской горно-складчатой области (рисунок 1).

Однако при профессиональном критическом рассмотрении указанная схема (см. рисунок 1) имеет ряд существенных недостатков, основные из которых, являясь недостатками самого структурно-гидрогеологического принципа районирования, наиболее ярко выражены в условиях горно-складчатых областей типа Памир, Тянь-Шань, Тарбагатай, Алтай и др. На примере Кыргызстана, занимающего подавляющую часть Тянь-Шаньской горно-складчатой области, они могут быть сформулированы следующим образом:

А. Выделение гидрогеологических массивов, по справедливому замечанию Н. А. Маринова [41], в настоящее время уже недостаточно, ибо «не раскрывает их внутреннего содержания». Это верное замечание в особой степени заслуживает внимания при гидрогеологическом районировании горно-складчатой области, поскольку оно не только не раскрывает существа динамики подземных вод горных территорий, а, наоборот, затушевывает закономерности формирования подземных вод, что становится понятным только после гидрогеоло-

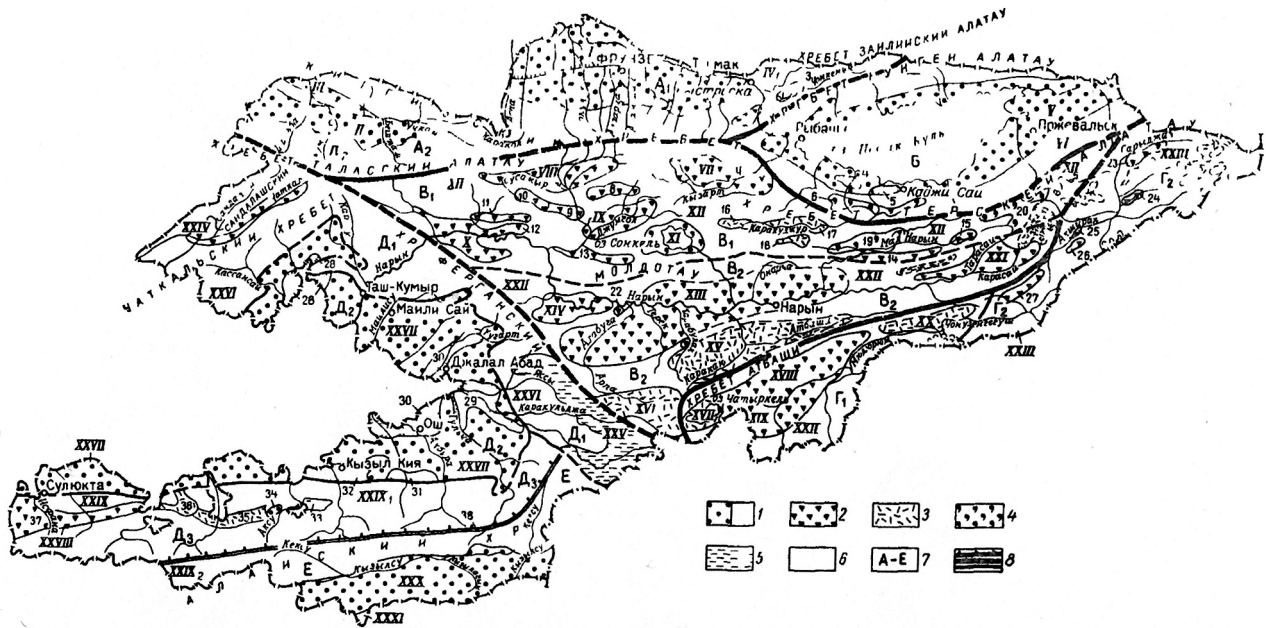


Рисунок 1— Схема структурно-гидрогеологического районирования Киргизии по П. Г. Григоренко [7]:

1–5 – артезианские бассейны: межгорные внешние бассейны трехэтажного строения с большой мощностью верхнего этажа подземных вод (1 – крупные точки), с малыми (частными) бассейнами (1 – мелкие точки) внутри них; внутренние бассейны трехэтажного строения с относительно малой мощностью верхнего этажа подземных вод прерывистого (2) и сплошного (3) распространения; внутренние бассейны двухэтажного строения (4), средний этаж выпадает; 5 – склоновые; 6 – гидрогеологические массивы: I–XXXI – номера артезианских бассейнов и гидрогеологических массивов; 1–38 – номера частных и малых самостоятельных бассейнов); 7 – гидрогеологические районы: Тянь-Шаньская и Памиро-Алайская области; регионы: А – Чу-Таласский, Б – Иссык-Кульский; В – Нарынский, Г – Сарыджаз-Аксакий, Д – Ферганский, Е – Алайский; подрегионы: А – Чуйский, А₂ – Таласский, В – Северный Нарынский; В₂ – Южный Нарынский, Г₁ – Аксайский, Г₂ – Сарыджазский, Д₁ – Чаткало-Ферганский, Д₂ – Ош-Джалал-Абадский, Д₃ – Алай-Туркестанский; 8 – границы между областями, регионами, подрегионами, артезианскими бассейнами и гидрогеологическими массивами. Пунктиром показаны границы, совпадающие с зонами региональных новейших разломов или более древних, но подновленных новейшими движениями

гического анализа и гидродинамической дифференциации подземного стока гидрогеологических массивов. Граница между основными гидрогеологическими структурами – артезианскими бассейнами и гидрогеологическими массивами проводится по контакту выступов кристаллического фундамента на поверхности земли и осадочного мезозойско-кайнозойского чехла. Контакт этот иногда тектонический и в некоторых случаях играет роль своеобразного барьера на пути движения подземных вод, что привело к нередко бытовавшему в среде исследователей-гидрогеологов мнению о практическом отсутствии перелива подземным путем со стороны горных хребтов во впадины по коренным породам. Исследования, выполненные С. Ш. Мирзаевым [42] для горных районов Узбекистана, В. Ф. Шлыгиной [51] для Казахстана, Е. И. Лагутиным [14–29] для Кыргызстана, показали наличие такого перетока в весьма ощутимых количествах, что свидетельствует о гидравлической связи между артезианскими бассейнами и гидрогеологическими массивами (рисунок 2).

Это хорошо понимали и отмечали Б. Б. Митгарц и Н. И. Толстихин [43] еще в 1961 году. Следуя по пути геоструктурного районирования с выделением в качестве основных гидрогеологических структур артезианских бассейнов и гидрогеологических массивов, они не отрицали в то же время возможности и второго подхода, по которому оно может осуществляться, так как «поток поверхностных и подземных вод обычно направлен из массивов в сторону артезианских бассейнов и завершается переливом их в артезианские бассейны. Вода из массивов в бассейны поступает несколькими путями, значение которых в питании бассейнов зависит от местной гидрогеологической обстановки. Вода переносится в бассейн, во-первых, постоянными и временными реками, во-вторых, потоками грунтовых вод четвертичного покрова, вливающих в бассейны через конусы выноса, в-третьих, потоками и струями трещинных вод, вливающих через толщу покрова через ложе и борта фундамента. Склоны массивов, обращенные к бассейнам, вместе с артезианскими бассейнами, в

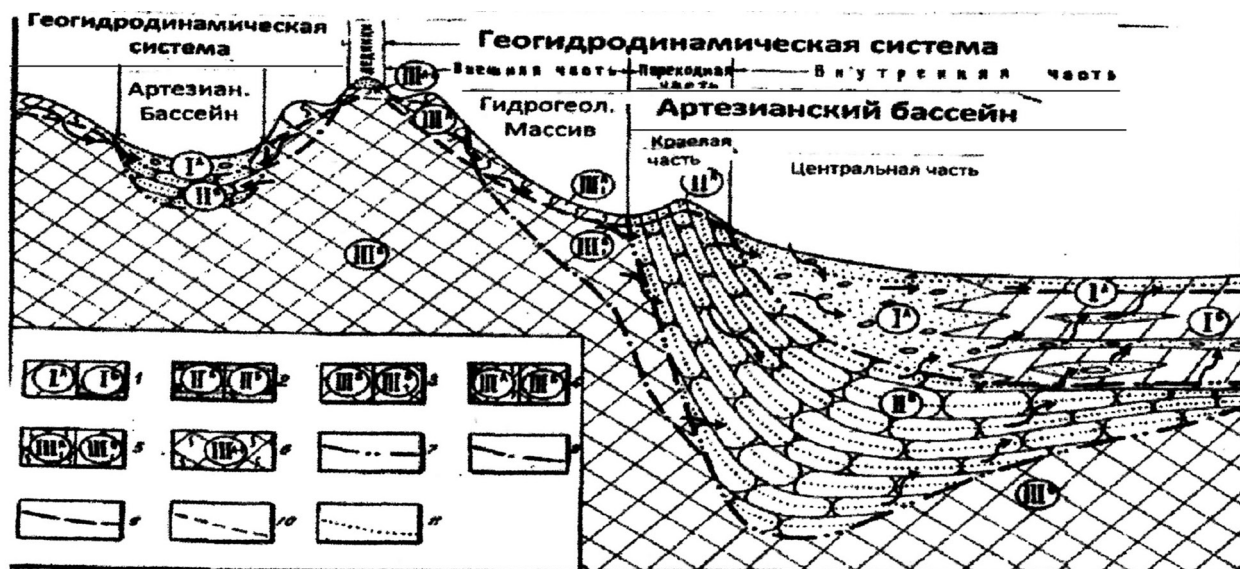


Рисунок 2 – Сравнительная принципиальная вертикальная модель – разрез геогидродинамических систем, артезианских бассейнов и гидрогеологических массивов в схеме типизации подземной гидросферы Центральной Азии [27,33,34]. 1 – верхний геогидродинамический этаж поровых вод – подэтаж грунтовых (I^A) и подэтаж субнапорных вод (I^B); 2 – средний геогидродинамический этаж порово-трещинных и пластово-поровых вод – грунтовых (II^A) и субнапорных (II^B); 3 – склоновые бассейны подземного стока, подэтаж трещинных подземных вод – грунтовых (III^A) и напорных (III^B); 4 – нижний геогидродинамический этаж трещинных подземных вод – грунтовых (III^A) и напорных (III^B); 5 – внешняя часть геогидродинамической системы – этаж трещинных подземных вод – грунтовых (III^A) и напорных (III^B); 6 – зона многолетней мерзлоты; 7–11 – границы: 7 – геогидродинамических этажей, 8 – частных бассейнов подземного стока; 9 – геогидродинамических подэтажей; 10 – оледенения; 11 – уровень грунтовых вод

гидравлическом и гидродинамическом отношении образуют единую водонапорную систему» [43].

Мы разделяем эту точку зрения. Если для центрально-азиатских крупных бассейнов платформенного типа приведенные соображения вряд ли ощутимы в количественном выражении, то в условиях горно-складчатых областей ЦА имеют значение в первую очередь. Это важно при уяснении роли подземных водоразделов, т.е. подземных гидравлических границ, характеризующихся заведомо отсутствием перелива или гидравлической связи между разделяемыми структурами, в то время как границы по контакту фундамента и чехла представляются в значительной степени условными. Поэтому характеризующее гидрогеологическое районирование П. Г. Григоренко [7] (см. рисунок 1) по структурно-гидрогеологическому принципу не может быть достаточно полно использовано при оценке ресурсов подземных вод (подземного стока), ибо не могут быть в полной мере применены такие методы, как балансовый и расчленения гидрографа рек.

Б. По общепринятому мнению, отраженному в издании «Справочное руководство гидрогеолога» [50], «артезианский бассейн подземных вод – есть

комплекс водоносных пластов, слагающих структуры в виде синеклиз или синклинальных прогибов». С этой точки зрения и само выделение артезианских бассейнов в условиях горно-складчатой области, в том числе в Тянь-Шане, выглядит условным, ибо артезианские бассейны могут выделяться только в синклинальных структурах с четко обозначенными водоупорами. С другой стороны, дабы не нарушить принцип районирования, автор вынужден объединять в артезианские бассейны также бассейны с заведомым отсутствием напорных вод, выделяя их в отдельную «группу артезианских бассейнов грунтовых вод», что недопустимо с классической точки зрения. С этих же позиций вряд ли оправдано название «артезианский» для бассейнов единого напорного комплекса подземных вод в верхнем «этаже» – «грунтовых и напорных вод четвертичных отложений» [19–29,32–34]. Общеизвестно, что напоры подземных вод формируются не в условиях синклинальной структуры, а за счет уменьшения водопроводимости водоносных горизонтов и создания подпора на пути движения подземного потока. Для таких водоносных горизонтов О. К. Ланге [38] был предложен термин «субнапорный», что позволяет отличать их от «напорных» горизонтов

и более отвечает существу отражаемого явления. Поэтому последний термин более целесообразен в использовании. Одновременно становится очевидной условность выделения артезианских бассейнов в подобном гидрогеологическом разрезе [29].

Выводы о современных принципах гидрогеологической стратификации (районирования) и фундаментальные предложения по оценке ресурсного потенциала подземных вод. Многолетняя полемика и взаимонепонимание авторов различных подходов к районированию в подземной гидросфере происходят из недооценки того факта, что подземная гидросфера, включая два основных компонента – сам флюид (водные растворы сложнейшего состава) и вмещающую их литосферную субстанцию (всю сумму геолого-тектонических образований), развивается на базе двух совершенно различных по своей природе форм движения материи. Современное состояние литосферы есть продукт и результат геологической формы движения материи с ее колебаниями и циклами, измеряющимися многими миллионами лет, а движение подземных вод (имеется в виду зона активного водообмена) есть процесс, определяемый в первую очередь гидродинамическими параметрами водовмещающей среды – напором, проницаемостью и затем циклическими воздействиями элементов внешней среды, определяющими, в свою очередь, весь колебательный процесс и циклы в движении подземных вод (подземном стоке). В связи с приведенными обстоятельствами принципы, схемы и границы районирования, выполненные на базе механического смешения указанных закономерностей, логически и фактически завершенного результата дать не могут, что показано и обосновано на материале внутриконтинентальных орогенов Центральной Азии [32–34, 37, 52].

Районирование в подземной гидросфере следует проводить раздельно для гидрогеологических емкостей, то есть структурно-гидрогеологических образований, содержащих глубокие подземные воды, и для подземных вод, движущихся во вмещающей среде, а именно для подземного стока «верхней гидродинамической зоны» [13–29, 44]. Законы формирования, распространения таких субстанций, а также границы стратификационных подразделений, выделяемых на их базе, будут совершенно различны. Структурно-гидрогеологический принцип районирования может и должен употребляться в основном для характеристики распространения, количества и свойств подземных вод в соответствии с требованиями гидрогеологии как науки.

При этом описание гидрогеологических структур (районов) необходимо проводить с использованием математического аппарата, что повысит качество и точность самих оценок [21, 29–30, 34–36].

Исследование **регионального подземного стока**, а также и взаимосвязанного с ним поверхностного стока в виде **возобновляемых водных ресурсов** требует своеобразного **геогидрологического** подхода к обоснованию его дивергентных и конвергентных границ, типизации условий его формирования, оценки движущихся масс подземных вод. При этом применяется математический аппарат теории гидродинамических систем с совершенно необходимым обоснованием исходных параметров и использованием аппарата теории вероятностей и математической статистики, а также прогнозированием этого процесса с привлечением теории случайных функций [26–28, 33–37].

Литосфера вместе с содержащимися в ней глубинными горизонтами подземных вод есть продукт и результат геологической формы движения материи с ее процессами, колебаниями и циклами, измеряющимися многими миллионами лет. Движение и характер изменения подземных вод верхней гидродинамической зоны [37] – сложный колебательный процесс, определяемый гидродинамическими параметрами водовмещающей среды (напором, проницаемостью вмещающих отложений), а также циклическими воздействиями элементов внешней среды, то есть факторами, в совокупности определяющими колебательные процессы и циклы в движении подземного стока.

Общее районирование в подземной гидросфере следует выполнять отдельно для гидрогеологических емкостей как структурно-гидрогеологических образований, содержащих обычно напорные подземные воды, и для движущегося во вмещающей среде подземного стока, приуроченного в основном к верхней гидродинамической зоне подземной гидросферы [37].

В то же самое время **“геогидродинамические системы”** (см. рисунок 2), представления о которых развиваются в наших исследованиях [13–37], естественным образом объединяют обе выделяемые категории подземной гидросферы и на этом основании могут служить единой основой общей стратификации (районирования) подземной гидросферы в литосферной субчасти земного шара, что не исключает раздельного по зональному районирования «второго прядка» в пределах крупных гидрогеологических таксонов.

Геологическая возрастная стратификация в гидрогеологическом районировании в настоящее время имеет подчиненное значение, выступая лишь информационной базой для выделения гидрогеологических емкостей.

Геогидрология как наука, имеющая объектом своих исследований возобновляемые водные ресурсы гидросферы, включающие поверхностный и подземный сток в их взаимосвязи и взаимодействии, базируется на исследовании геогидродинамических систем в подземной гидросфере Земли и использовании оригинальной методологии количественных оценок и прогнозирования возобновляемых водных ресурсов [26,29,33]. Суммарные возобновляемые водные ресурсы Земли включают поверхностный и подземный сток материков. Они остаются примерно постоянными в течение текущего периода геологического развития. Помимо собственных оригинальных представлений и методик [26,29,33,54], геогидрология пользуется также приемами и методами пограничных с нею наук – геологии, геохимии, географии, экологии, гидрологии, почвоведения, ландшафтоведения, гидродинамики, теории вероятностей и теории случайных функций.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Архангельский Б.Н. Условия формирования подземных вод артезианских бассейнов Русской платформы// Труды науч.-техн. совещания по гидрогеологии и инженерной геологии.–М., 1933. – Вып. 1. – С. 66–70.
- 2 Ахмедсафин У.М. Принципы гидрогеологического районирования Казахстана// Гидрогеологическое районирование и региональная оценка ресурсов подземных вод Казахстана. – Алма-Ата: Наука, 1964. –С. 6–14.
- 3 Васильевский М. М., Барсук Н.В., Ревунова Н.Л., Матерова Е.Н. Схема основного гидрогеологического районирования азиатской части СССР// Советская геология. – 1939. – №7. – С. 22–25.
- 4 Веселов В.В. Гидрогеологическое районирование и региональная оценка ресурсов подземных вод Казахстана. – Алматы: Гылым, 2002. – 432 с.
- 5 Гармонов И.В. Пояснительная записка к картам степных и лесостепных районов европейской части СССР. – М.: Изд-во АН СССР, 1956. – 175 с.
- 6 Григоренко П.Г., Крылов М.М. Краткий гидрогеологический очерк Северной Киргизии// Сб. статей по гидрогеол. Ср. Азии. – М.: Гостоптехиздат, 1940. –С. 43–48.
- 7 Григоренко П.Г. Гидрогеологическое районирование//Гидрогеология СССР. Т. XL. Киргизская ССР. – М.: Недра, 1971. – С. 65–95.
- 8 Ефимов А.Н. Предсказание случайных процессов. – М.: Знание, 1976. – 64 с.
- 9 Игнатович Н.К. Гидрогеологические структуры – основа гидрогеологического районирования СССР // Советская геология. – М.,1947. –№9. – С. 9–12.
- 10 Ильин В.С. Зональность грунтовых вод европейской части СССР. – М.: Сельхозиздат, 1935. –286 с.
- 11 Зайцев И.К., Толстихин Н.И. Основы структурно-гидрогеологического районирования СССР// Труды ВСЕГЕИ. Нов. серия. 1963. – Вып. 101. – С. 121.
- 12 Крылов М.М., Шмидт М.А. Гидрогеологическое районирование Средней Азии//Материалы по гидрогеол. и инж. геол. УзССР. – 1936. – Вып.2. –С. 18–22.
- 13 Лагутин Е.И. Бассейны подземного стока Киргизского Тянь-Шаня// Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии Киргизской ССР. – Фрунзе: Киргизстан, 1971. – Вып 1. – С. 6–13.
- 14 Лагутин Е.И. Формирование и зональность подземных вод (Киргизии)//Гидрогеология СССР. Т. XL. Киргизская ССР. – М.: Недра, 1971. – С. 167–197.
- 15 Лагутин Е.И., Прессман Э.Д. Ресурсы подземных вод (Киргизии)//Гидрогеология СССР. Т. XL. Киргизская ССР. –М.: Недра, 1971. – С. 197–212.
- 16 Лагутин Е.И. Подземные воды Центрального Тянь-Шаня, их ресурсы и перспективы практического использования. Вопросы водного хозяйства (обводнение и оазисное орошение): Сб. науч. тр. КиргНИИВХ.–Фрунзе: Кыргызстан,1971. – №18. – С. 73–85.
- 17 Лагутин Е.И. Гидрогеологическое районирование подземного стока Киргизского Тянь-Шаня // Вопросы водного хозяйства (обводнение и оазисное орошение)// Сб. науч. тр. КиргНИИВХ, – Фрунзе: Кыргызстан,1971. –№18. – С. 65– 73.
- 18 Лагутин Е.И., Фишерман Л.В. Гидрогеологическое районирование Киргизской ССР по условиям использования подземных вод // Вопросы гидрогеологии и инженерной геологии Киргизской ССР: Сб. науч. тр. – Фрунзе,1971. – Вып. 1. – С. 17–23.
- 19 Лагутин Е.И., Антыпко Б.Е., Самарина В.С., Островский Л.А. Тянь-Шаньско-Джунгаро-Памирская гидрогеологическая складчатая область с системой межгорных артезианских бассейнов // Гидрогеология СССР. Сводный том. Ч. I. Региональные закономерности формирования и распространения подземных вод СССР. – М.: Недра, 1976. – С. 448–498.
- 20 Лагутин Е.И. Методика оценки водных ресурсов в речных бассейнах с учетом взаимосвязи поверхностных и подземных вод // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана.–Алма-Ата, 1984. – №5. – С. 69–73.
- 21 Лагутин Е.И. Математическая модель для совместного отбора подземных и поверхностных вод на орошение // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. –Алма-Ата,1987. – №9. – С. 68–72.
- 22 Лагутин Е.И. Подземные водохранилища на пастбищах Центрального Казахстана. – Тараз: Формат-Принт, 2009. – 178 с.
- 23 Лагутин Е.И. Геогидродинамические системы как естественная основа для практической оценки общих

(поверхностных и подземных) водных ресурсов // Геология и охрана недр. – Алматы, 2010. – №3. – С. 94–99.

24 Лагутин Е.И. Принципы и методика оценки общих водных ресурсов (поверхностных и подземных) в замкнутых речных бассейнах на базе конечно-разностных уравнений // География и геоэкология. – Алматы, 2010. – №2. – С. 24–29.

25 Лагутин Е.И. Изыскания и расчеты подземных вод для орошения. – Тараз: Формат-Принт, 2011. – 240 с.

26 Лагутин Е.И. Геогидрология как наука XXI века, ее содержание, методы и место среди других наук // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы гидрогеологии и инженерной геологии на современном этапе». – Алматы, 2012. – С. 35–41.

27 Лагутин Е.И. Геогидродинамические системы как основа геогидрологического районирования // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы гидрогеологии и инженерной геологии на современном этапе». – Алматы, 2012. – С. 42–47.

28 Лагутин Е.И. Методология оценки ресурсов подземных вод от У.М. Ахмедсафина до наших дней // Материалы международной научно-теоретической конференции «Ресурсы подземных вод – важнейший элемент устойчивого развития экономики Казахстана». – Алматы, 2012. – С. 72–85.

29 Лагутин Е.И. Геогидрология Кыргызстана. – Бишкек: Текник, 2013. – 276 с.

30 Лагутин Е.И., Усупаев Ш.Э. Управление георисками пастбищными водозаборами подземного стока на примере Центрального Казахстана // Материалы международной конференции «Современное состояние и перспективы развития горнодобывающей отрасли», посвященной 80-летию академика У. Асаналиева. – Бишкек: Издательский центр “Текник”, 2014. – С. 409–412.

31 Лагутин Е.И., Усупаев Ш.Э. Антропогенные геоопасности и геориски в Казахстане // Материалы международной конференции «Современное состояние и перспективы развития горнодобывающей отрасли», посвященной 80-летию академика У. Асаналиева. – Бишкек: Издательский центр “Текник”, 2014. – С. 422–425.

32 Лагутин Е.И. Подземные воды Казахской плиты. – Алматы: Формат-Принт, 2014. – 402 с.

33 Лагутин Е.И. Геогидрология внутриконтинентальных ороенов Центральной Азии. – Тараз: Формат-Принт, 2016. – 328 с.

34 Лагутин Е.И. Оценка и прогноз водных ресурсов (Методическое пособие). – Алматы: Формат-Принт, 2017. – 372 с.

35 Лагутин Е.И., Мамбеталиева Ш.М. Гидрогеохимические зоны гидросферы Кыргызстана // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – 2018. – №3. – С. 192–196.

36 Лагутин Е.И. Моделирование геогидрологии подземного стока внутриконтинентальных ороенов Цен-

тральной Азии // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – 2018. – №3. – С. 141–145.

37 Лагутин Е.И. Водные ресурсы Центральной Азии на современном этапе (Проблемы и перспективы) // Наука, новые технологии и инновации Кыргызстана. – 2019. – №4. – С. 230–232.

38 Ланге О.К. Подземные воды СССР. – М.: Изд-во МГУ, 326 с.

39 Личков Б.Л. Природные воды земли и литосферы. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 160 с.

40 Львович М.И., Басс С.В., Грин А.М., Дрейер И.Н., Куприянова Е.И. Водный баланс СССР и перспективы его преобразования. – М.: Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1961. – № 6. – С. 432–439.

41 Маринов Н.А. О гидрогеологическом районировании горно-складчатых стран // Советская геология. – 1962. – №2. – С. 23–26.

42 Мирзаев С.Ш. Запасы подземных вод Узбекистана. – Ташкент: Фан, 1971. – 221 с.

43 Митгарц Б.Б., Толстихин Н.И. Гидрогеологическое районирование Средней Азии // Материалы по региональной и поисковой гидрогеологии. Новая серия. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1961. – Т. 61. – С. 28–35.

44 Макаренко Ф.А. О подземном питании рек. – М.: Изд. АН СССР, 1948. – Т.3. – С. 54–56.

45 Отоцкий П.В. Грунтовые воды, их происхождение, жизнь и распределение // Труды опытных лесничеств. – 1906. – Вып. 4. – 300 с.

46 Никитин С.Н. Грунтовые и артезианские воды на Русской равнине. – СПб.: Мысль, 1900. – 71 с.

47 Овчинников А.М. Особенности гидрогеологии горных стран // ДАН СССР. – 1946. – Т. 54, №3. – С. 1235–1239.

48 Островский Л.А., Антыпко Б.Е., Конюхова Т.А. Методические основы гидрогеологического районирования территории СССР. – М.: Недра, 1990. – 240 с.

49 Пригоровский М.М. Артезианские воды Русской равнины // Изв. Геол. комитета. – 1922. – Т. 41, №1. – С. 23–28.

50 Справочное руководство гидрогеолога. 2-е изд., исправленное и дополненное / Под ред. В.М. Максимова. – Л.: Недра, 1987. – Т. 1. – 592 с.

51 Сыдыков Ж.С., Шлыгина В.Ф. Подземные воды Казахстана. Структурно-гидрогеологическая основа и систематика. – Алматы: Гылым, 1998. – 346 с.

52 Терлецкий Б.К. Подземные воды Киргизской ССР // Подземные воды азиатской части СССР. – Ташкент: Изд. «Недра Советской Азии», 1932. – С. 34–54.

53 Толстихин Н.И. Подземные воды мерзлой зоны литосферы. – Л.: Госгеолтехиздат, 1941. – 201 с.

54 Усупаев Ш.Э., Едигенов М.Б., Лагутин Е.И. Геориски гидросферы Земли в субчасти Центральной Азии // Вестник Института сейсмологии Национальной академии наук Кыргызской Республики. – 2014. – №1(3). – С. 121–128.

55 Шестаков В.М., Поздняков Н.К. Геогидрология. – М.: Изд-во МГУ, 2003. – 156 с.