



Серия «Науки о Земле»
2015. Т. 13. С. 88–97
Онлайн-доступ к журналу:
<http://isu.ru/izvestia>

ИЗВЕСТИЯ
*Иркутского
государственного
университета*

УДК 528.9:333.93(5)

Атласное картографирование водных ресурсов Азии: современное состояние и перспективы

Л. М. Корытный (kor@irigs.irk.ru)

Р. А. Фомина (gabidulina.roza@yandex.ru)

Аннотация. Рассмотрены методические особенности картографирования водных ресурсов, причем приоритет отдается приемам на основе теоретической бассейновой концепции и структурной гидрографии. Выполнен обзор карт из атласов Азии и ее регионов. Предложена структура водно-ресурсного атласа Азии, состоящего из 8 блоков.

Ключевые слова: карты, водосбор, масштаб, атлас, международные бассейны, проблемы водопользования.

Введение

Все более быстрыми темпами в мире нарастают проблемы, обусловленные нехваткой или избытком водных ресурсов, загрязнением водных объектов. Уже сегодня около 1,3 млрд чел. остро нуждаются в пресной воде, а около четверти миллиарда испытывают сильнейший водный стресс. В настоящее время загрязняется до 17 тыс. км³ воды, что составляет половину от максимальной оценки ее доступного для использования объема. По оценкам Всемирного банка, на существенное изменение ситуации в ближайшие десятилетия рассчитывать не приходится: к середине XXI в. уже 40 % населения Земли будет испытывать дефицит воды, 20 % – серьезно страдать от него [8]. Приближается всеобщий водный кризис.

Из не имеющих нормального доступа к пресной воде 65 % населения проживает в Азии. Экономика азиатских стран в значительной степени определяется наличием водных ресурсов. Площадь орошаемых земель в Азии составляет 60 % от мировых. Продолжается крупномасштабное гидротехническое строительство, в первую очередь в бассейне Янцзы. Именно в Азии наиболее многочисленны и остры водно-ресурсные проблемы. К ним относятся: нехватка водных ресурсов, истощение подземных вод, загрязнение водоисточников, катастрофические наводнения, недостаточная эффективность водохозяйственных и водоохраных мероприятий и др. Многочисленны водопользовательские противоречия и конфликты между странами, относящимися к одному бассейну.

Существенную помощь в решении вышеназванных проблем призвано оказать водно-ресурсное картографирование.

Особенности картографирования водных ресурсов

Картографический метод находит широкое применение в науке и практике природопользования. «Карта как всякая модель, воспроизводящая объект исследования, способна заменять его таким образом, что ее изучение дает возможность черпать новую, только ей присущую информацию» [11, с. 3]. Тематические карты признаны важным инструментом оптимизации территориальной организации системы «общество – природа» и рационализации природопользования и в целом социально-экономического развития.

Водно-ресурсное картографирование имеет ряд специфических особенностей. Несомненен выбор в качестве основной пространственной ячейки при этом картографировании бассейна (водосбора), что обосновано нами при теоретическом развитии бассейновой концепции в природопользовании [9].

К главным преимуществам этого подхода принадлежат:

- универсальность ввиду распространения водосборов на всей суше планеты;
- объективность и определенность границ-водоразделов;
- строгая иерархичность, сохраняющаяся при любом масштабировании;
- «замыкание» балансов вещества и однонаправленность его потоков, столь важные при картографировании различных экологических ситуаций;
- четкая пространственная структурированность в этих рамках не только природных, но и общественных процессов.

Бассейновое картографирование имеет свою методическую специфику. Она заключается прежде всего в различии основных приемов картографирования на склонах и в гидрографической сети. Так, на склоновом уровне, т. е. там, где осадки преобразуются в сток – сначала склоновый, а затем в русловой – рекомендуется применять метод индикационной локализации, основанный на взаимосвязях компонентов геосистем. Карты, построенные этим методом, представляют собой мозаику ареалов с устойчивыми характеристиками и хорошо сопряжены пространственно, хотя и расходятся – нередко существенно – тематически. Как пример можно привести атлас малого речного бассейна, подготовленный А. Н. Антиповым в ходе экспериментальных исследований в предгорьях Западного Саяна [1]. Эта же методика лежит в основе ландшафтно-гидрологической серии в экологическом атласе Иркутской области (2004) [4] и многочисленных карт, созданных в Институте географии им. В. Б. Сочавы СО РАН в проектах ландшафтного планирования, определяющего основные направления развития территории и регламентирующего ее использование на основе целевого зонирования.

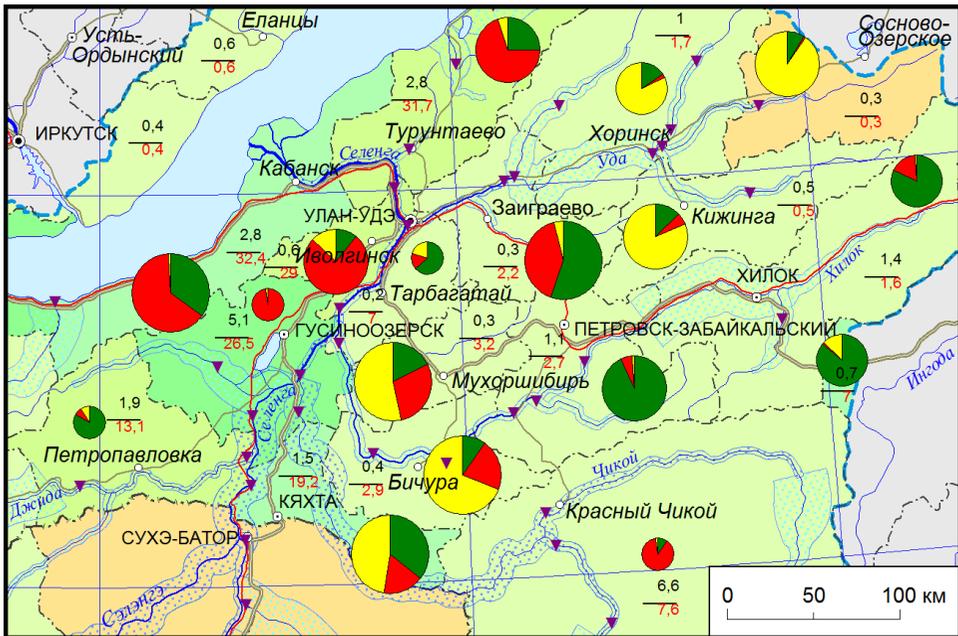
При картографировании водных ресурсов применяется большинство используемых при тематическом картографировании приемов и методов. Однако существуют ограничения в отношении традиционного метода изолиний. Он опирается на допущение непрерывности изменений в пространстве гидрометеорологических элементов, что в большей степени свойственно радиационному балансу, температуре воздуха, испарению, в меньшей степени – осадкам преимущественно на равнинных территориях с преобладанием типа широтной зональности, причем при значительном простран-

венно-временном осреднении. При изображении изолиниями характеристик речного стока не учитывается очень важное обстоятельство: если осадки выпадают в любой точке земной поверхности, то русловой сток по своей сути – точечная характеристика, которая лишь в результате обобщений и статистических преобразований можно рассматривать как площадную (в виде модулей или слоя стока). Поэтому проведение изолиний там, где вообще нет речных русел, носит весьма условный характер, а полученные с такой карты значения величины стока имеют довольно приблизительные, а зачастую и просто фиктивные значения.

При картировании речного стока на региональном уровне в гидрографической сети необходимо учитывать следующие требования. Во-первых, желательно показывать истинную водоносность речных систем в русловых расходах воды, а не осредненные по территории характеристики. Во-вторых, важно охватить на одной карте максимально возможный спектр рек различной величины (за исключением самых малых). И в-третьих, чтобы карта имела расчетный характер, необходимо иметь возможность быстрого получения конкретной и достаточно точной информации о водоносности в любом створе.

Этим требованиям соответствует методика вдольруслового картографирования, основанная на арсенале структурной гидрографии [9]. По крупномасштабным топографическим картам строится граф речной сети области, исходя из принципов порядковой классификации Хортон – Стралера. Расчет особых информационных характеристик – структурных мер, учитывающих иерархичность, упорядоченность, разветвленность и соподчиненность всех элементов речной системы, начиная с самых малых водотоков, – насыщает все топологическое пространство графа речной системы структурной информацией, а тесная связь структурной меры со средней водоносностью дает возможность определять сток практически в любой точке системы. Соотношения средней водоносности, представленной в виде среднего многолетнего расхода воды, со структурной мерой в этом же створе постоянны для геологически однородных территорий.

Полученная структурная информация для всего топологического пространства позволяет, в частности, провести детальное картографирование водоносности речных систем. Оно осуществляется в виде вдольрусловой масштабной полосы (эпюры) с выделением различных градаций водоносности (рис. 1). Карта позволяет определять значения стока в любом створе, что способствует оптимизации водохозяйственных и водоохраных мероприятий и важно для управления природопользованием. С ее помощью достаточно легко провести расчеты такой важной характеристики, как ресурсы поверхностных вод, в ареалах ландшафтного, природно-хозяйственного, экологического и административного районирования, особенно если оно выполнено на основе бассейновой концепции. Такой подход перспективен для показа и других гидрологических характеристик, изменяющихся вместе с параметрами гидрографической сети, например при исследовании самоочищения природных вод, термического и ледового режима, русловых процессов и т. п.



УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

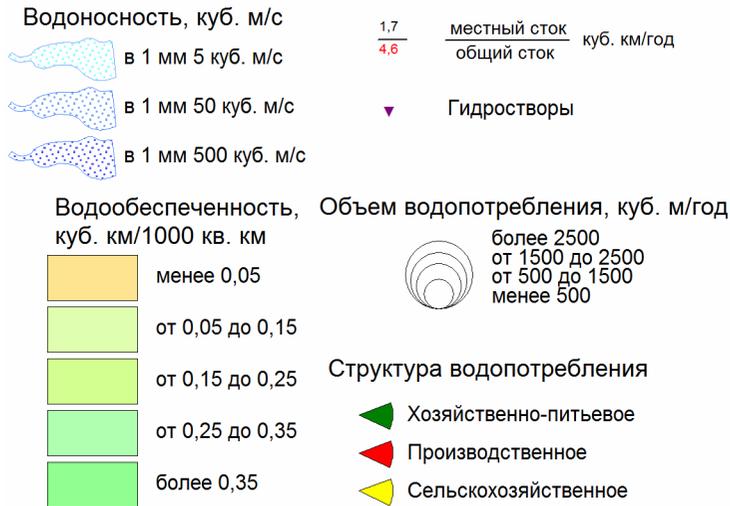


Рис. 1. Фрагмент карты «Водные ресурсы и водопотребление» [12]
 (Е. А. Ильичёва, М. В. Павлов, А. В. Бардаш, И. Ю. Амосова, А. П. Чечель,
 ред. Л. М. Корытный)

Водно-ресурсные карты Азии в разномасштабных атласах

Обзор примеров разнообразных карт водных ресурсов целесообразно начать с самых мелкомасштабных карт, содержащихся в *общепланетарных* атласах. К ним, в частности, относится атлас «Природа и ресурсы Земли» [6], где в разделе «Состояние и строение географической оболочки. Ато-

сфера и гидросфера» имеется 19 карт, характеризующих водные ресурсы всей планеты, в том числе Азии. В атласе также содержится ряд карт, диаграмм, графиков, характеризующих крупнейшие озера мира, в том числе азиатские Байкал, Чаны, Балхаш, Иссык-Куль, Таймыр, Хубсугул, Бива. Основным способом картографирования является метод изолиний.

Этот же прием используется в «Атласе мирового водного баланса», выпущенном еще в 1974 г. [5], который до сих пор является крупнейшим достижением мирового гидрологического картографирования. Но в этом атласе изолинейные карты уже приводятся отдельно для каждой части света, в том числе для Азии мелкомасштабные обзорные карты: среднегодового стока, внутригодового распределения стока, коэффициентов стока, избытка и дефицита водных ресурсов.

Карты водных ресурсов включаются, естественно, во все национальные атласы. Но наиболее интересно рассмотреть представительство этого вида ресурсов в *специализированных* атласах некоторых стран. Так, в «Экологическом атласе России» [13] в разделах «Антропогенное воздействие на природную среду», «Изменения природной среды» и «Экологическое состояние природной среды» имеется более 10 карт водной тематики. В 2011 г. вышел «Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций. Российская Федерация» [7], где в разделах «Природные опасности и риски» и «Техногенные опасности и риски» представлено 15 карт гидрологических опасностей, причем в дополнение к основным картам России содержатся подробные карты различных масштабов (1:3 000 000, 1:1 000 000, 1:200 000 и др.) для территорий с наибольшей опасностью.

В *региональных* атласах водно-ресурсные карты присутствуют обязательно, однако в недостаточном количестве, причем в основном они являются аналитическими. Имеются и исключения – например, атлас Алтайского края [2], где появляются синтетические карты комплексного использования водных ресурсов (в том числе перспективного) с материалами по водообеспеченности, источникам водоснабжения, гидроэнергетическим ресурсам и др.

Другое дело – региональные специализированные атласы, где карты водной тематики представлены наиболее широко. Примером может служить атлас «Иркутская область: экологические условия развития» (2004) [4], подготовленный в Институте географии им. В. Б. Сочавы СО РАН. В разделе «Климат. Воды» приведено 9 карт, характеризующих водные ресурсы Иркутской области в естественном состоянии. В разделе «Антропогенные факторы формирования экологической обстановки. Качество окружающей среды» представлено 7 карт, характеризующих антропогенное воздействие на гидросферу. При создании карт использовались различные методы картографирования. К примеру, на карте «Загрязнение поверхностных вод» (авторы В. А. Знаменский и Ю. М. Мисюркеев, редактор Л. М. Корытный) значковым способом дана полная характеристика сточных вод населенных пунктов: объем их образования и отведения, разделение на категории по состоянию очистки, уровень экологической нагрузки стоков на водные объек-

ты. Показатели разбавления различных стоков речными водами в лимитирующий сезон по административным районам отображены способом картограмм. Интенсивность загрязнения водных объектов показана выделением для каждой гидрохимической характеристики классов качества воды способом линий движения. Ширина структурной ленты гидрохимических характеристик выражает условия разбавления сточных вод в водных объектах. Загрязненность воды оценивалась тремя обобщенными гидрохимическими характеристиками, соответствующими лимитирующим показателям вредности – рыбохозяйственному, токсикологическому и санитарно-токсикологическому, а также двумя индивидуальными характеристиками – биологической потребностью в кислороде и содержанием взвешенных веществ.

Особый тип атласов – атласы речных бассейнов, где карты водной тематики занимают ведущее место. К классическим образцам относится «Атлас бассейна р. Хуанхэ» (1989) [3]. В разделе, посвященном природе и природным ресурсам, имеется 9 карт, отражающих основные гидрографические и гидрологические характеристики: густоту речной сети, гидрологическое районирование, половодья, русловые процессы и др. Раздел «Управление речными бассейнами и их использование» (25 карт) посвящен подробному рассмотрению использования вод, управлению водохозяйственной деятельностью и экономическому развитию бассейна. Здесь представлены, в частности, карты, отражающие контроль за наводнениями, борьбу с эрозией, регулирование русла. Степень использования воды в сельском хозяйстве характеризуется несколькими показателями (количество воды, используемой на орошение, площадь орошаемых земель на 1 жителя, объем сельскохозяйственной продукции, получаемой на орошаемых площадях и др.). Набор приемов картографирования в этом атласе весьма разнообразен: изолиний, значковый, количественный фон, картограмм и др.

В новом «Экологическом атласе бассейна оз. Байкал» [12] из 142 карт 28 относятся к водно-ресурсной тематике. В том числе в разделе «Природные условия» – 8 карт (рис. 2), в разделе «Ресурсные факторы» – 3 карты, в разделе «Трансформация природной среды» – 1 карта, в разделе «Охрана природной среды» – 2 карты. Особый блок образуют сюжеты, посвященные Байкалу (14 карт).

Завершая обзор атласного водно-ресурсного картографирования Азии, можно констатировать, что возможности этого картографирования используются далеко не полностью. Преобладают гидрологические карты, а карт водохозяйственного комплекса мало. Совершенно недостаточно прогнозных и рекомендательных карт. Большинство атласных произведений носят региональный характер, а карты водной тематики имеют подчиненное положение. Наступило время задуматься о создании атласа водных ресурсов Азии.

Структура атласа водных ресурсов Азии

Нами разработан вариант водно-ресурсного атласа Азии, в который входит 8 серий (блоков) карт (рис. 3.).

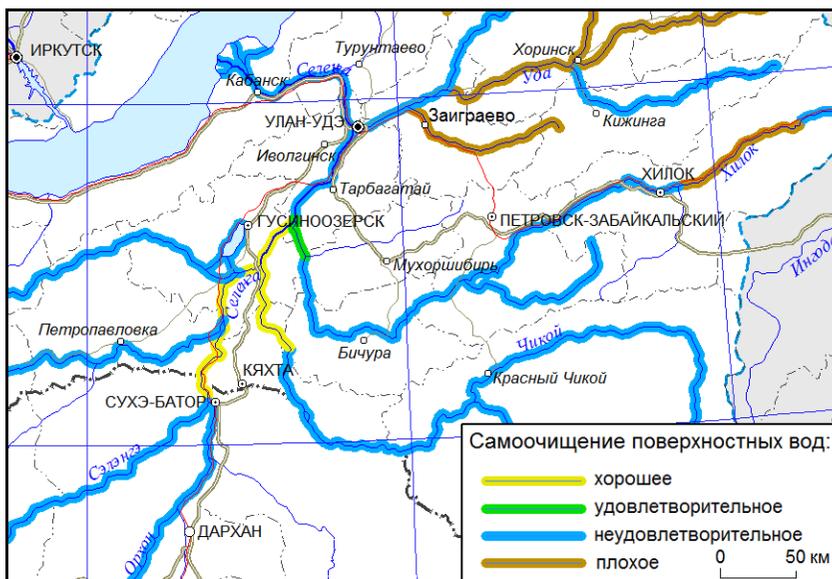


Рис. 2. Фрагмент карты «Самоочищение поверхностных вод» [12]
(авторы О. В. Гагаринова, Д. А. Галёс ; ред Л. М. Корытный)



Рис. 3. Структура водно-ресурсного атласа Азии

В *вводную* серию входят карты гидрографической сети, речных бассейнов, густоты речной сети и других гидрографических показателей, карты озер и водохранилищ. К этой же серии относятся картосхемы сети водно-ресурсного мониторинга – створы, посты, скважины, пункты отбора проб и т. п. Серия карт *природных и социально-экономических условий* дает характеристику общей природно-экономической обстановки и содержит карты всех природных компонентов и свойств, а также общеэкономические карты и карты расселения, необходимые для оценки антропогенной нагрузки. В серию карт *формирования режимов поверхностных и подземных вод* включены карты элементов водного баланса, водоносности, водного, ледово-термического, гидрохимического режима, русловых процессов, эксплуатационных запасов и режима подземных вод, гидрологического и гидрогеологического районирования.

Серия *«Оценка водно-ресурсного потенциала»* включает карты водообеспеченности, частных (гидроэнергетического, водоснабженческого, воднотранспортного, рыбохозяйственного) и интегрального водного потенциала. В серию *«Водное хозяйство и управление им»* входят карты основных водохозяйственных объектов (водозаборы, каналы, воднотранспортные пути, оросительные и осушительные системы и т. п.).

Последствия антропогенного воздействия на водные ресурсы как водохозяйственной, так и вообще деятельности человека в водных объектах и на территориях их водосборов представлены в следующей серии атласа. Центральное место здесь занимают карты изменения состояния вод (загрязнения, засорения, истощения, засоления, нарушений режимов). В серию *«Опасные гидрологические явления»* включены карты наводнений, селей, лавин, водной эрозии, абразии берегов и т. п. Серия *«Водоохранные мероприятия и рекомендации»* включает карты водоохранных сооружений, водоохранных зон и рекомендованных водоохранных мероприятий.

В каждой серии карт должны присутствовать прогнозные карты по нескольким вероятным вариантам экономического развития.

Заключение

Всеобщий водный кризис приближается в Азии наиболее высокими темпами. В то же время в Азии существует множество примеров, когда взаимное непонимание, нежелание уступать свои монопольные позиции по отношению к речному стоку, политические амбиции и другие факторы существенно сдерживают процесс мирного урегулирования «водных» споров и конфликтов, что негативно сказывается на качестве жизни людей, уровне развития национальных экономик и способствует усилению международной напряженности. Однако у азиатских стран нет альтернативы сотрудничеству в международных бассейнах [10], более выраженному комплексному и юридически согласованному управлению водными ресурсами при рассмотрении водосборов как интегральных природно-хозяйственно-социальных систем.

В этой ситуации значительную помощь может оказать атласное водно-ресурсное картографирование Азии. Карты, объединенные в 8 блоков, подготовленные различными методическими приемами для всей части света или ее крупных макрорегионов, в совокупности охватят все стороны водопользования. Пилотным проектом может выступить водно-ресурсное картографирование Северной Азии – Сибири, начало которому уже положено.

Список литературы

1. *Антипов А. Н.* Географические аспекты гидрологических исследований / А. Н. Антипов, Л. М. Корытный. – Новосибирск : Наука, Сиб. отд-ние, 1981. – 177 с.
2. *Атлас Алтайского края* : учеб.-справ. пособие. – М. : Ком. геодезии и картографии СССР, 1991. – 36 с.
3. *Атлас бассейна реки Хуанхэ* / под ред. Вэн Хуаюань. – Пекин : Китайская карта, 1989. – 356 с.
4. *Атлас «Иркутская область: экологические условия развития»*. – М. ; Иркутск, 2004. – 90 с.
5. *Атлас мирового водного баланса*. – М. : Гидрометеиздат, 1974. – 65 карт.
6. *Атлас «Природа и ресурсы Земли». Resources and Environment World Atlas* : в 2 ч. / Ин-т географии РАН. – М. ; Вена, 1998. – Ч. 1. – 100 с.; Ч. 2. – 196 с.
7. *Атлас природных и техногенных опасностей и рисков чрезвычайных ситуаций*. Российская Федерация / под ред. С. К. Шойгу. – М. : Феория, 2011. – 720 с.
8. *Важнейший ресурс планеты* // Коринф : внешнеторг. еженедельник. – 2005. – № 21. – С. 4–6.
9. *Корытный Л. М.* Бассейновая концепция в природопользовании / Л. М. Корытный. – Иркутск : Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2001. – 163 с.
10. *Корытный Л. М.* Международные бассейны Азии: конфликты, пути сотрудничества / Л. М. Корытный, И. В. Жерелина // География и природные ресурсы. – 2010. – № 2. – С. 11–19.
11. *Сочава В. Б.* Картографические проблемы тематического картографирования // Картографическое обеспечение планирования территориально-производственных систем Сибири и Дальнего Востока. – Иркутск, 1978. – С. 3–12.
12. *Экологический атлас бассейна оз. Байкал (2014)* [Электронный ресурс]. – URL: <http://bic.iwlearn.org>.
13. *Экологический атлас России*. – М. : Карта, 2002. – 128 с.

Atlas Mapping of Water Resources of Asia: Present Status and Prospects

L. M. Korytny, R. A. Fomina

Abstract. We examine some methodological features inherent in water resources mapping, with emphasis being placed on strategies based the theoretical basin concept and structural geography. A review of the maps from the atlases of Asia and its regions is provided. We suggest the structure of the water resources atlas of Asia consisting of eight blocks.

Keywords: maps, catchment, scale, atlas, international basins, water use problems.

Корытный Леонид Маркусович
доктор географических наук,
профессор
Институт географии им. В. Б. Сочавы
СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1
тел.: (3952) 42-64-60

Korytny Leonid Markusovich
Deputy Director for Research,
Doctor of Sciences (Geography), Professor
V. B. Sochava Institute of Geography
SB RAS
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 42-64-60

Фомина Роза Адехановна
аспирант
Институт географии им. В. Б. Сочавы
СО РАН
664033, г. Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1
тел.: (3952) 42-64-60

Fomina Roza Adekhanovna
Postgraduate
V. B. Sochava Institute of Geography
SB RAS
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033
tel.: (3952) 42-64-60