

## КАРТОГРАФИЯ

DOI: 10.30533/0536-101X-2020-64-3-298-304

### Проблемы и перспективы картографического обеспечения геоэкологии

© 2020 г. С.Ф. Колесников\*, С.А. Сладкопевцев, А.М. Луговской

Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия

\*sfkol@yandex.ru

### Problems and prospects of mapping geocology

S.F. Kolesnikov\*, S.A. Sladkopevtsev, A.M. Lugovskoi

Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, Russia

\*sfkol@yandex.ru

Received Desember 2, 2019

Revised Mars 16, 2020

Accepted June 1, 2020

**Keywords:** ecological systems, geocological mapping, indicators of condition assessment, sustainable development.

**Summary.** Geocological mapping as an important part of geocological direction in cartography has a number of problems. At geocological mapping, realization of monitoring systems and nature protection measures using the method of classification of ecological systems attention is paid to the problem of their borders ranking. Labour intensity of creation of stability maps of ecological systems and forecasting of development of ecological systems is noted. The list of indicators for an estimation of steady development of ecological systems is offered for use at mapping, at an estimation of a condition of ecosystems the necessity of an optimum combination of quantitative and qualitative parameters of maximum permissible concentration is underlined. Cartographic support of sustainable development can become a new direction, uniting natural, environmental, social and economic aspects.

**Citation:** Kolesnikov S.F., Sladkopevtsev S.A., Lugovskoi A.M. Problems and prospects of mapping geocology. *Izvestia vuzov «Geodesy and Aerophotogrammetry»*. 2020, 64 (3): 298–304. [In Russian]. DOI:10.30533/0536-101X-2020-64-3-298-304.

Поступила 2 декабря 2019 г.

После доработки 16 марта 2020 г.

Принята к печати 1 июня 2020 г.

**Ключевые слова:** геоэкологическое картографирование, индикаторы оценки состояния, устойчивое развитие, экологические системы.

Отмечена трудоемкость создания карт устойчивости экологических систем и прогнозирования развития экологических систем. Предложен для использования при картографировании перечень индикаторов для оценки устойчивого развития экологических систем. Подчеркнута необходимость оптимального сочетания количественных и качественных параметров предельно допустимых концентраций при оценке состояния экосистем. Картографическое обеспечение устойчивого развития может стать новым направлением, объединяющим природные, экологические, социальные и экономические аспекты.

**Для цитирования:** Колесников С.Ф., Сладкопевцев С.А., Луговской А.М. Проблемы и перспективы картографического обеспечения геоэкологии // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2020. Т. 64. № 3. С. 298–304. DOI:10.30533/0536-101X-2020-64-3-298-304.

### Введение

Геоэкологическое картографирование — важная часть геоэкологического направления в картографии, отражающее как достижения, так

и проблемы этого направления. Разнообразие карт геоэкологического профиля не позволяет провести всеобъемлющий анализ этого направления картографии, однако, даёт возможность рассмотреть наиболее важные аспекты темы

и сформулировать ряд соображений, касающихся развития геоэкологического картографирования. Развиваясь как новое прикладное направление, разрозненное и в значительной мере стихийное, геоэкологическое картографирование имеет определённые пробелы в теоретических и концептуальных основах.

К методам, позволяющим рассматривать имеющиеся в работе вопросы и проблемы, можно отнести следующие. Методы классификации экологических систем и ранжирования их границ позволяют полнее анализировать эти основные объекты геоэкологического картографирования. Этому же способствуют использование методов мониторинга, дистанционного зондирования, а также внедрение нормативной базы при оценках экологических ситуаций. Дополнительно рассмотрены методы экологической экспертизы, аудита и прогноза.

### Результаты исследования

Наиболее крупный и важный объект геоэкологического картографирования — экологические системы — пространственно ограниченные и функционально единые сочетания организмов и среды. С учётом антропогенного фактора помимо природных выделяются различные виды природно-антропогенных экологических систем. К основным принципам классификации экологических систем относятся *региональный* (выделяются по однородности природных условий и региональных систем природопользования), *компонентный* (узконаправленный или отраслевой при решающем влиянии какого-либо компонента, например, почвы или рельефа, на состояние экологических систем) и *антропогенный* (при решающем влиянии на состояние экологических систем определённого вида хозяйственной деятельности). Одновременно можно оценивать экологические системы по направленности развития, устойчивости или степени экстремальности условий развития. В любом случае при картографировании экологических систем авторы сталкиваются со следующими нерешёнными проблемами.

Проблемы границ экологических систем связаны с тем, что при переходе от высших

уровней экологических систем к нижним климатические и структурно-геологические границы сменяются геоморфологическими, литологическими и почвенно-геоботаническими. Границы высших категорий нечёткие и мало соответствуют картам оценочного характера. Крупные экологические системы характерны переходными зонами (экотонами), которые на экологических картах не выделяются, но были бы полезными для более точной оценки состояния экологических систем. Экологические границы, связанные с ареалами загрязнения и нарушения природной среды, во многих случаях становятся проблемными. Сложно проведение границ типов и степеней атмосферного загрязнения. Границы видов природопользования (сельское и лесное хозяйство, мелиорация) на локальном и детальном уровне достаточно чёткие, но при обобщении образуют сложные «мозаики» с сочетанием лесов, пашен и лугов. Границы административных единиц большей частью искусственные, однако, нередко совпадают с природными рубежами — реками или линиями водоразделов. В случае слабой освоенности периферийных частей районов или областей административные границы делят территории однородные по природным особенностям и экологическим обстановкам.

Проблемы границ возникают и требуют внимания при геоэкологическом картографировании, реализации систем мониторинга и природоохранных мероприятий. Они актуальны при использовании масштабных и временных рядов космических снимков. Нельзя отрицать определённую зависимость проблемы границ от совершенствования нормативной базы, изменения законодательных основ природопользования и охраны природы. Комплексная классификация экологических границ пока не создана, что непосредственно связано с отсутствием классификации экологических систем.

Интегральная оценка состояния экологических систем неизбежно связана с изучением их составляющих и анализом состояния каждой составляющей. Разобщённость специалистов, занимающихся анализом компонентов, и

недостаточная унификация методик исследования создают определённые трудности при использовании компонентов в процессе интегральных оценок экологических систем.

Проблемы изучения компонентов в целях геоэкологического картографирования разнообразны. В то же время можно представить их стандартный перечень. Это проблемы оценки типов и критериев воздействия, устойчивости и прогноза развития, мониторинга, а также проблемы глобального, регионального и отраслевого значения. К проблемам оценки техногенного воздействия на компоненты экологических систем относятся недостаточная проработка методик экологической экспертизы и аудита, дефицит конкретных методик экологического мониторинга, недостаточное понимание сложных процессов техногенеза, недостаточное внимание к экономическому обоснованию экологических рекомендаций, приоритет мер борьбы с последствиями, а не с причинами. Многие проблемы осложнены нечётким законодательством, недостатками системы лицензирования, отсутствием политической воли у властных структур разных уровней.

К актуальной и слабо разработанной проблеме относится методика создания карт устойчивости экологических систем. Трудности связаны с отсутствием конкретной системы показателей устойчивости. В целом картографирование устойчивости должно учитывать следующие моменты.

1. Раздельный анализ экологических систем с четырёх позиций: устойчивости к загрязнению и нарушенности и восстановления после загрязнения и нарушенности.

2. Создание перечня загрязнителей по их миграционным свойствам и особенностям размещения в различных средах.

3. Раздельный анализ каждого компонента экологических систем в отношении его свойств и регенерации.

4. Определение технических возможностей воздействия на экологические системы с целью повышения их устойчивости и ускорения восстановления — к подобным вариантам

воздействия относятся мелиорация, рекультивация, химические и биологические методы борьбы с загрязнением.

Карты устойчивости экологических систем важны для оценки современного состояния систем и принятия оперативных природоохранных решений, а карты их восстановления существенны для долгосрочных прогнозов и планирования мероприятий по рекультивации.

Решение проблем прогнозирования развития экологических систем и создания карт прогноза является естественным для экологии, хотя и связано с определёнными трудностями. Прогноз динамичных процессов в атмосфере и гидросфере затруднен из-за их частой непредсказуемости и стихийности. Для медленно протекающих процессов в почвах и геологической среде часто недостаёт статистики, сведений о режиме и периодичности процессов. Усложняется прогноз в связи с нарастанием техногенной нагрузки на экологические системы и недостаточной изученностью экологических последствий систем природопользования. Одним из действенных методов решения проблем прогноза и разработки соответствующих карт служит реализация систем экологического мониторинга. Успех каждой системы экологического мониторинга зависит от решения методических, технических, организационных, экономических и часто политических задач. Однако в любом случае полноценные системы экологического мониторинга должны иметь соответствующее картографическое обеспечение. На стадии проектирования экологического мониторинга важна интерпретация данных топографических и тематических карт для получения сведений о потенциальной динамике объектов мониторинга. Инвентаризационные аналитические карты полезны для создания сети пунктов наблюдения и определения режима их работы. Для районирования территории важны типологические экологические карты, показывающие степень напряжённости ситуаций. В процессе мониторинга целесообразно составление промежуточных или оперативных карт на определённые этапы наблюдения. Итоговые результаты экологического

мониторинга должны сопровождаться картами динамики, прогноза и рекомендациями для широкого круга пользователей. Несмотря на определённые проблемы экологического картографирования (качественные оценки, слабая привязка к нормативам, различия приёмов и подходов к оценкам состояния среды), картографическое обеспечение повышает объективность и разносторонность системы экологического мониторинга. В свою очередь, карты мониторинга обогащают методические основы тематического картографирования.

Представление о теоретических основах картографии наиболее полно и убедительно изложено в трудах К.А. Салищева, А.М. Берлянта, А.Н. Ласточкина [1–3]. Основополагающим было условие, что теоретические основы должны использоваться при создании любой карты. Исходя из этого, к теории относятся математические основы, разработка и выбор проекции карты, законы генерализации и обоснование масштабных рядов карт, язык карты и обоснование системы условных обозначений.

*Математическая основа* определяет зависимость между географическими координатами точек поверхности Земли и прямоугольными координатами тех же точек на плоскости. Это даёт возможность рассчитывать искажения в результате перехода от поверхности эллипсоида или шара к плоскости. Специальных работ, посвященных выбору проекций для экологических карт, нет. Обычно пользуются топографическими основами. Этого достаточно для создания типологических карт районирования по напряжённости экологических ситуаций и не имеет особого значения при составлении инвентаризационных карт экологического профиля. Важным условием должно быть отсутствие искажений площадей контуров, что необходимо для разного рода оценок. Исходя из разнообразия экологических карт, целесообразно было бы провести специальное исследование по этой теоретической проблеме. В частности, это имело бы значение для составления обзорных карт, поскольку мелкомасштабные экологические карты охватывают не только крупные регионы и всю

территорию России, но и составляются на глобальном уровне. Анализируя основы создания карт, можно сказать, что карты, создаваемые по планам государственных съёмок, такие как топографические и отчасти геологические и почвенные, обладают более надёжными проекциями по сравнению с такими тематическими картами как геоморфологические, растительности, ландшафтные и экологические.

*Концепция* — система взглядов на те или иные явления, единый замысел или ведущая мысль любого произведения или научного труда. При таком толковании использование концепции может иметь очень широкий диапазон. Имея параметрические карты с оценкой одного параметра (например, процент содержания гумуса или показатель кислотности почвы), мы сталкиваемся с предельно узким концептуальным диапазоном. С другой стороны, исключительное значение по широте охвата проблем имеют концептуальные основы геоэкологии, представленные С.П. Горшковым [4]. В данной работе объединены исторические, терминологические, компонентные, отраслевые сюжеты с многочисленными частными примерами. Широкое смысловое содержание термина позволяет относить к концептуальным и даже к теоретическим основам такие проблемы как региональное картографирование, составление базовых карт, картографирование городов. Ввиду того, что в настоящее время не разработана единая методология экологического картографирования, карты экологического профиля имеют самые различные концепции. Многосторонность подходов имеет положительное значение, однако, порождает трудности при сравнении карт отдельных регионов. Поэтому всё более актуальной становится проблема разработки унифицированной методики экологического картографирования.

Согласно существующему стандарту, *генерализация* — это отбор и обобщение объектов в соответствии с назначением и масштабом карты, а также с учётом особенностей картографируемой территории». Основные законы генерализации достаточно подробно рассмотрены в литературе [1–4]. Отметим отдельные недо-

статки процесса генерализации. Традиционное обобщение даёт примерные границы без учёта переходных зон (эктонов) в естественных ландшафтах. При чётких границах часто отсутствует информация о связях объектов. Увеличение площадей при обобщении объектов не способствует объективному изучению процессов. Констатируется, что для крупных масштабов важнее форма социально-экономических объектов, а для мелких — содержание объектов. Большое значение при генерализации имеют масштабные ряды или интервалы масштабов. Исходя из опыта дистанционных методов картографирования, установлено, что при изменении масштаба примерно в три раза исчезают или, напротив, появляются объекты определённого порядка. При масштабном шаге менее двух процесс генерализации во многом теряет смысл. Развитие дистанционных методов послужило основой для естественной и объективной генерализации [5]. Это стало особенно показательным при сравнении территорий с различной структурой ландшафтов.

При создании карт экологического профиля вопросы генерализации практически не рассматриваются. В определённой мере это связано со спецификой содержания карт. Такие элементы содержания как ландшафтный фон, источники воздействия, виды и степени воздействия (загрязнения или нарушенности) подчиняются своим законам генерализации. Недостаточно проработаны вопросы масштабных рядов экологических карт, что не способствует созданию упорядоченной системы генерализации объектов. «Хаотичность» процессов генерализации в геоэкологическом картографировании — одна из причин нерешённости проблем границ экологических систем и отсутствия унификации экологических карт.

Можно ли считать процессы генерализации объективными? Безусловно, в каждом конкретном случае это продуманные и хорошо взвешенные действия, соответствующие масштабу и назначению карты, а также особенностям территории. Однако использование таких формальных понятий как цензы и нормы делают процесс генерализации только стремящим-

ся к объективности. Не лишены формализма и приёмы автоматизированных расчётов уровней генерализации. Высказанные соображения не умаляют принципиального значения процессов генерализации, которые в большинстве случаев бывают необходимыми и достаточными. Успехи в изучении процессов генерализации как теоретических основ картографии, к сожалению, пока не коснулись геоэкологического картографирования. С этой точки зрения геоэкологическое картографирование наряду с проблемами имеет определённые перспективы развития.

*Язык карт* или системы условных знаков необходимы и также относятся к теоретическим основам картографирования [6]. Находясь в тесной связи с масштабом и степенью картографической генерализации, язык карты — формализованное отображение действительности, дающее общие представления о тех или иных особенностях территории. Топографические карты показывают пример упорядоченной системы условных обозначений, основанной на цензах и государственных стандартах, чего не скажешь о тематических картах. Впрочем, унификация содержания на таких картах как геологические, почвенные и климатические присутствует. По отношению к экологическим картам вопросы согласования легенд не разработаны. Это естественно при сравнении инвентаризационных и типологических экологических карт, решающих различные задачи, но является недостатком при сравнении карт одного профиля. В настоящее время актуальна унификация на инвентаризационных картах отображения ландшафтного фона, источников воздействия, а на типологических картах районирования — унификация и более чёткое обоснование таких показателей напряжённости экологических ситуаций как повышенная, высокая, напряжённая, критическая, катастрофическая.

### Оценка результатов исследований

Важная и трудно решаемая проблема геоэкологического картографирования — совершенствование системы показателей и кри-

териев напряжённости, а значит и опасности экологических ситуаций. Актуальность совершенствования системы нормативов непрерывно возрастает, так как отношения в системе «человек – природа» постоянно усложняются. Проблемы экологии всё более связаны с решением комплексных, многофакторных экологических систем, оценка которых требует применения экономических методов и однозначных расчётов. Всё это делает необходимым решительный переход от качественных показателей к количественным. Только в этом случае система может обеспечить принятие проектных и управленческих решений. Входящие в систему критерии должны различаться по значимости, степени интегральности, динамичности и точности расчёта. Однако внедрение количественных показателей ограничивается следующими причинами.

1. Условность, неоднозначность и недостаточная обоснованность ряда показателей, слабая их связь с конкретными территориями и решаемыми задачами.

2. Отсутствие показателей для многих видов загрязнения и нарушения.

3. Сложности создания моделей многофакторных обстановок с трудно прогнозируемыми эффектами.

4. Отсутствие единой международной системы нормативов.

Слабая санитарно-гигиеническая и экономическая обоснованность многих нормативов приводит к недоверию и даже их отрицанию. Слишком жёсткие нормативы часто нереально использовать, а слишком мягкие не решают задачи. Не всегда удаётся отделить критерии «прямого действия» на организмы от показателей косвенного действия. К первым в целом относятся воздействия на атмосферу и гидросферу, а ко вторым — влияние на почвы и геологическую среду. Не до конца решённой проблемой является влияние кумулятивного, одновременного эффекта загрязнителей атмосферы, который особенно опасен в городах и крупных промышленных центрах. Благодаря влиянию кумулятивного эффекта роль санитарно-защитных зон вокруг предприятий становится фиктивной, поскольку происходит

слияние многочисленных зон в единое поле загрязнения. Один из видов интегральных оценок представлен как суммарный показатель антропогенной нагрузки, обобщающий индексы загрязнения атмосферы, воды и почв и учитывающий тесноту связи между ними и характеристиками состояния здоровья человека. При всей важности такого интегрального показателя он не имеет нормативного значения. Для всех видов антропогенного воздействия ключевыми являются предельно допустимые концентрации (ПДК) (для загрязнителей) и предельно допустимые нагрузки (для видов нарушения). При этом нижний рубеж оценок теоретически должен соответствовать естественному состоянию природной среды. Однако в связи с глобальным влиянием деятельности человека на среду реальнее считать нижним рубежом фоновое состояние территории. Обстановки с превышением предельно допустимых показателей (кризисные, критические, катастрофические) не имеют определённого количественного обоснования и разделяются по качественным оценкам видов и степеней воздействия. Подобная расплывчатость системы оценок приводит к многочисленным разночтениям и противоречиям. В ряде работ превышение допустимых показателей оценивается как вполне благополучное, напряжённое или усложнённое. Этот подход порождает разочарование и скепсис по отношению к системе нормативов, препятствует её внедрению.

Пренебрежительное отношение к нормативам видно из следующего варианта ранжирования экологических обстановок:

1) условно благоприятная – слабая заболеваемость, загрязнение менее ПДК;

2) удовлетворительная — повышенная заболеваемость, загрязнение до 1–2 ПДК в очагах 1–2 природных сред;

3) напряжённая — высокий уровень заболеваемости, крупных очаги загрязнения с концентрациями до 3–10 ПДК;

4) критическая — резкий рост заболеваемости, загрязнение 10–100 ПДК;

5) катастрофическая — вымирание, загрязнение более 100 ПДК.

Вопросы к подобным оценкам могут быть следующие. Почему при повышенной заболеваемости обстановка считается удовлетворительной? Почему обстановка условно благоприятная, если всё допустимо? Почему обстановка удовлетворительная, если превышены ПДК загрязнителей? На наш взгляд, из этих оценок можно сделать вывод о том, что или нормативы не верны и их следует пересмотреть, или подобная оценка наносит большой вред и лишь усугубляет положение.

Несмотря на отмеченные трудности, активное внедрение количественных показателей в содержание экологических карт должно поднять на новый технологический уровень методы их создания. Экологи получают весомые аргументы для взаимоотношений с предпринимателями и административными органами. От этого только выиграет решение пока виртуальных проблем устойчивого развития.

### Выводы

Рассмотренные в работе вопросы и проблемы, несмотря на их актуальность, могут относиться к частным методам решения более крупных задач комплексного регионального или глобального уровня. Одной из таких задач в настоящее время является обеспечение устойчивого развития.

Без картографического обеспечения невозможно в полной мере решение проблем устойчивого развития — перспективы развития человечества на обозримый период. С этой точ-

ки зрения любые карт могут дать ту или иную информацию, полезную для устойчивого развития. Однако экологический статус проблемы предполагает большую роль оценочных карт экологического профиля, которые имеют функции рекомендательного характера. Согласно решениям ООН, целостное решение проблемы устойчивого развития требует учёта 130 индикаторов. Из этого числа должны быть выбраны приоритетные индикаторы, которые станут основой содержания карт районов или субъектов.

Одним из вариантов перечня индикаторов, важных для устойчивого развития:

- 1) комплексный показатель санитарно-гигиенической обстановки (индекс здоровья);
- 2) комплексные показатели или индексы загрязнения воздуха и воды;
- 3) оценка экологического каркаса территории;
- 4) оценка продовольственного обеспечения регионов;
- 5) индекс экологической устойчивости территории.

Исходя из широты и комплексности задач устойчивого развития, следует отдавать себе отчёт, что помимо имеющихся карт необходима разработка ряда новых карт, приближённых к особенностям районов. При достаточном внимании к проблемам устойчивого развития его картографическое обеспечение может стать новым направлением в картографии, которое должно объединять природные, экологические, социальные и экономические аспекты.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Салищев К.А. Картоведение. М.: Изд-во МГУ, 1990. 400 с.
2. Берлянт А.М. Теория геоизображений. М.: ГЕОС, 2006. 262 с.
3. Ласточкин А.Н. Общая теория геосистем. М.: Изд-во «Лема», 2011. 980 с.
4. Горшков С.П. Концептуальные основы геоэкологии. Смоленск: Изд-во Смоленского гуманитарного университета, 1998. 288 с.
5. Кравцова В.И. Генерализация космического изображения: континуальные и дискретные снимки. М.: Изд-во МГУ, 2000. 190 с.
6. Лютый А.А. Язык карты: сущность, система, функции. М.: ГЕОС, 2002. 230 с.

### REFERENCES

1. Salishchev K.A. Kartovedenie. Kartovedeniye. Moscow: Izd-vo MGU, 1990: 400 p. [In Russian].
2. Berlyant A.M. Teoriia geoizobrazhenij. Geoimages theory. Moscow: GEOS, 2006: 262 p. [In Russian].
3. Lastochkin A.N. Obshchaya teoriia geosistem. General theory of geosystems. Moscow: Izd-wo «Lema», 2011: 980 p. [In Russian].
4. Gorshkov S.P. Kontheptualnye osnovy geoekologii. Conceptual fundamentals of geoecology. Smolensk: Izd-vo Smolenskogo gumanitarnogo universiteta, 1998: 288 p. [In Russian].
5. Kravtsova V.I. Generalizatsiia kosmicheskogo izobrazheniia: kontinualnye i diskretnye snimki. Space image generalization: continuous and discrete images. Moscow: Izd-vo MGU, 2000: 190 p. [In Russian].
6. Lyutyj A.A. Yazyk karty: sushhnost, sistema, funkci. Language maps: essence, system, functions. Moskow: GEOS, 2002: 230 p. [In Russian].