

П. Г. Белов, К. В. Чернов

ТЕХНОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ РИСК

**УЧЕБНИК И ПРАКТИКУМ
ДЛЯ АКАДЕМИЧЕСКОГО БАКАЛАВРИАТА**

Под общей редакцией П. Г. Белова

*Рекомендовано Учебно-методическим отделом
высшего образования в качестве учебника для студентов
высших учебных заведений, обучающихся по естественнонаучным
направлениям и специальностям*

**Книга доступна в электронной библиотечной системе
biblio-online.ru**

Москва ■ Юрайт ■ 2016

УДК 504(075.8)

ББК 20.1я73

Б43

Авторы:

Белов Петр Григорьевич — доцент, доктор технических наук, профессор кафедры природно-техногенных опасностей и управления риском Московского авиационного института (национального исследовательского университета);

Чернов Константин Васильевич — доцент, кандидат технических наук, заведующий кафедрой безопасности жизнедеятельности инженерно-физического факультета Ивановского государственного энергетического университета имени В. И. Ленина.

Рецензенты:

Дмитренко В. П. — доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель высшей школы Российской Федерации, заведующий кафедрой промышленной экологии и безопасности производства Московского авиационного института (национального исследовательского университета);

Петров В. В. — доктор технических наук, профессор кафедры техносферной безопасности, экологии и химии Инженерно-технологической академии Южного федерального университета.

Белов, П. Г.

Б43 Техногенные системы и экологический риск : учебник и практикум для академического бакалавриата / П. Г. Белов, К. В. Чернов ; под общ. ред. П. Г. Белова. — М. : Издательство Юрайт, 2016. — 366 с. — Серия : Бакалавр. Академический курс.

ISBN 978-5-9916-6438-7

В учебнике излагаются методология сциосистемнологоического исследования техногенных систем, базирующаяся на целостности отображения и осознания этих источников техногенно-экологического риска, и технология программно-целевого парирования их вредного влияния на окружающую среду, основанная на прогнозировании и регулировании количественных показателей техногенно-экологического риска и производственно-экологической безопасности в целом.

Соответствует актуальным требованиям Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по естественнонаучным направлениям и специальностям.

УДК 504(075.8)

ББК 20.1я73

*Информационно-правовая поддержка
предоставлена компанией «Гарант»*



Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав. Правовую поддержку издательства обеспечивает юридическая компания «Дельфи».

ISBN 978-5-9916-6438-7

© Белов П. Г., Чернов К. В., 2016

© ООО «Издательство Юрайт», 2016

Оглавление

Основные сокращения.....	7
Предисловие	8

Раздел I ТЕХНОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ И ОПАСНОСТИ

Глава 1. Сциосистемнологический подход к исследованию техногенных систем.....	13
1.1. Мировоззренческие основы системнологии.....	13
1.2. Основные понятия и термины системнологического метода.....	17
1.3. Приемы системнологического метода.....	23
1.4. Системнологическое содержание компонентов и их взаимодействия в системе	26
1.5. Предмет сциологии	32
Резюме.....	35
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	35
<i>Литература к главе 1</i>	36
Глава 2. Сциосистемнологические аспекты опасности и техногенные воздействия	38
2.1. Сциосистемнологическое определение понятия опасности	38
2.2. Классификация опасностей	46
2.3. Определение техногенеза.....	48
2.4. Техногенная система и техногенные воздействия	51
2.5. Дескрипция и именование техногенных воздействий.....	57
Резюме.....	61
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	62
<i>Литература к главе 2</i>	63
Глава 3. Техногенная деятельность и техногенные воздействия	64
3.1. Жизненный цикл технетического устройства и виды техногенной деятельности	64
3.2. Количественное выражение техногенных воздействий.....	69
3.3. Шкалы техногенных воздействий	75
3.4. Обнаружение техногенных опасностей	79
3.5. Общая характеристика техногенных воздействий	85
Резюме.....	107
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	108
<i>Литература к главе 3</i>	109

Глава 4. Техногенные системы и опасности для окружающей среды ...	111
4.1. Техногенные опасности систем горного дела	111
4.2. Техногенные опасности систем коксохимии	120
4.3. Техногенные опасности систем металлургии	129
4.4. Техногенные опасности систем нефтегазодобычи.....	138
4.5. Техногенные опасности систем транспорта нефти, жидких углеводородов и газа.....	146
4.6. Техногенные опасности систем нефтехимии.....	152
4.7. Техногенные опасности систем промышленной химии	159
4.8. Техногенные опасности систем атомной энергетики	166
4.9. Техногенные опасности систем теплоэнергетики и распределения электрической энергии	175
Резюме.....	183
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	183
<i>Литература к главе 4</i>	186

Раздел II

ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И МЕНЕДЖМЕНТ ТЕХНОГЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА

Глава 5. Теоретико-методологические основы обеспечения безопасности в техносфере	189
5.1. Сущность проблемы обеспечения безопасной жизнедеятельности человека.....	189
5.2. Энергоэнтропийная концепция и классификация опасностей и профессиональной деятельности по их парированию.....	194
5.3. Основные понятия и определения в сфере обеспечения безопасности в техносфере	199
5.4. Базовые принципы обеспечения производственно-экологической безопасности и снижения техносферных рисков.....	202
5.5. Методы исследования и совершенствования безопасности в техносфере...	205
Резюме.....	213
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	213
<i>Литература к главе 5</i>	214
Глава 6. Система обеспечения производственно-экологической безопасности.....	215
6.1. Целеполагание и структура системы обеспечения производственно- экологической безопасности	215
6.2. Показатели и критерии оценки качества системы обеспечения производственно-экологической безопасности.....	218
6.3. Методы априорной и апостериорной оценки уровня производственно-экологической безопасности.....	221
6.4. Сущность стратегического планирования процесса обеспечения производственно-экологической безопасности.....	227
6.5. Сущность оперативного управления процессом поддержания производственно-экологической безопасности.....	231

Резюме.....	236
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	236
<i>Литература к главе 6</i>	237
Глава 7. Методы стратегического планирования производственно-экологической безопасности на объекте повышенной опасности	238
7.1. Обоснование параметров приемлемого техносферного риска при эксплуатации вновь создаваемых объектов повышенной опасности.....	238
7.2. Разработка целевых программ, направленных на снижение риска крупных аварий при функционировании современных объектов повышенной опасности	245
7.3. Априорная оценка вероятности появления крупных аварийных выбросов энергии и вредного вещества на объекте повышенной опасности.....	254
7.4. Априорная оценка величины ущерба от крупных аварий с выбросом аварийно опасных и токсичных веществ.....	259
Резюме.....	270
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	270
<i>Литература к главе 7</i>	271
Глава 8. Методы оперативного управления производственно-экологической безопасностью при эксплуатации объекта повышенной опасности	273
8.1. Общие принципы контроля и поддержания социально приемлемого уровня производственно-экологической безопасности.....	273
8.2. Контроль готовности персонала объекта повышенной опасности к поддержанию производственно-экологической безопасности на требуемом уровне.....	278
8.3. Стимулирование экологических аспектов в работе персонала объекта повышенной опасности.....	284
8.4. Поддержание техногенных систем объектов повышенной опасности в экологичном и безопасном состоянии	289
8.5. Перераспределение ответственности за техногенно-экологический риск путем страхования	291
Резюме.....	298
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	299
<i>Литература к главе 8</i>	300
Глава 9. Менеджмент техногенно-экологического риска на объектах повышенной опасности.....	301
9.1. Концепция и нормативно-правовой базис менеджмента техногенно-экологического риска.....	301
9.2. Основные механизмы и инструменты менеджмента техногенно-экологического риска.....	307
9.3. Миссия и политика администраций объекта повышенной опасности и производственно-природной системы в сфере менеджмента техногенно-экологического риска	313
9.4. Оценка риска вредного воздействия на окружающую среду	320

9.5. Аудит, мониторинг и отчетность в сфере менеджмента техногенно-экологического риска.....	333
Резюме.....	339
<i>Вопросы и задания для самопроверки</i>	339
<i>Литература к главе 9</i>	340
Заключение	342
Рекомендуемая литература	345

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1. Особенности прогнозирования параметров риска с помощью диаграмм типа «дерево».....	349
Приложение 2. Элементы теории вероятностей и математической статистики	353
Приложение 3. Краткая характеристика программных комплексов	358
П.3.1. «Арбитр» — программный комплекс автоматизированного расчета безопасности и техногенного риска.....	358
П.3.2. «ТОКСИ + Risk» — программный комплекс прогноза показателей риска аварий с токсичными и пожароопасными веществами	359
Приложение 4. Справочные данные для оценки стоимости ущерба фауне и флоре	363
Приложение 5. Ответы на ситуационные задачи	364

Основные сокращения

- АХОВ** — аварийно химически опасное вещество
АЭС — атомная электростанция
ГЭС — гидроэлектростанция
КД — критическая доза
ЛКФ — логический критерий функционирования
ЛОС — летучие органические соединения
МТЭР — менеджмент техногенно-экологического риска
НПЗ — нефтеперерабатывающий завод
ОПО — объект повышенной опасности
ПДК — предельно допустимая концентрация
ПДУ — предельно допустимые уровни
ППС — производственно-природная система
ПЭБ — производственная экологическая безопасность
САВД — система автоматической выдачи дозы
СФЦ — схема функциональной целостности
ТВС — топливовоздушная смесь
ТЭС — тепловая электрическая станция
ТЭЦ — теплоэлектроцентраль
ЧС — чрезвычайная ситуация
ЯТЦ — ядерный топливный цикл

Предисловие

Анализ нынешней практики в сфере обеспечения экологической безопасности позволяет охарактеризовать ее как не удовлетворяющую требованиям системности. В качестве объекта подобной деятельности сегодня предписано рассматривать только природную среду, являющуюся потенциальной жертвой различных антропогенных вредных воздействий, тогда как их источники лишь перечисляются, а ущерб от их разрушительного проявления практически не прогнозируется и не регулируется. Поэтому отличительной *особенностью* данного учебника служит акцент не на экологическую безопасность и соответствующий менеджмент, а на обеспечение производственно-экологической безопасности и менеджмент техногенно-экологического риска. Данный подход, уже имеющий дело с объектом «производственно-природная система», уместно считать и системным (учитывает все наиболее существенные факторы), и удовлетворяющим современной трактовке понятия «риск».

В самом деле, новейшие международные и отечественные стандарты рекомендуют подразумевать под риском интегральную характеристику, одновременно указывающую и на вероятность наступления каких-либо случайных событий, и на их возможные негативные последствия. Определить же сколь-нибудь точно вероятность и эффект таких (в нашем случае — опасных техногенных) событий без рассмотрения процессов, происходящих в антропогенных источниках риска, практически нереально. Тогда как уже накоплен громадный положительный опыт оценки этих параметров риска для техногенно-производственных чрезвычайных ситуаций и не столь большой и пока что не такой успешный — для природных и техногенно-природных.

Другой отличительной чертой настоящей книги служит учет последних достижений в используемой инструментальной методологии исследования и совершенствования как самих источников техногенно-экологического риска, так и его менеджмента в интересах совершенствования ПЭБ. При изучении техногенных систем авторы применили сциосистемноэкологический подход, базирующийся на целостности отображения и осознания человеком этих источников риска, а при парировании их вредного влияния на окружающую среду — программно-целевой, включающий прогнозирование и регулирование соответствующих количественных показателей ПЭБ и МТЭР.

Техногенная система в соответствии со сциосистемноэкологическим подходом рассматривается в двух аспектах. Во-первых, ее представляют на когнитивном уровне, т.е. нейронными образованиями коры головного мозга человека, наполненными гностическим содержанием (*гносеологический* аспект); во-вторых, она является реальным отображением того, что суще-

ствуется как воплощенное научно-техническое знание, на которое как раз и направлено соответствующее познание людей (*онтологический* аспект). При этом все техногенные воздействия делятся на: а) непрерывные и четко предсказуемые (детерминистские); б) аварийно обусловленные (стохастические).

Что касается совершенствования деятельности по снижению вредного воздействия техногенных систем на окружающие их объекты, то для решения этой задачи потребовалось привлечь новейшие достижения в области создания и применения современных систем менеджмента качества и риска. Они базируются на стратегическом планировании и оперативном управлении этими сложными организационными системами, реализуемом путем решения четырех взаимосвязанных задач: обоснование, обеспечение, контроль и поддержание социально приемлемых количественных показателей МТЭР и ПЭБ в целом. Важное место при этом уделено системному анализу и системному синтезу на основе соответствующего моделирования.

Подробное изложение заявленных идей и особенностей как раз и составило содержание данного учебника. В *первом* разделе раскрываются мировоззренческие основы системологии, основные понятия, термины и приемы системнологического метода, предмет сциологии, сциосистемнологические аспекты классификации опасностей и техногенных воздействий. Дается краткое описание систем горного дела, коксохимии, металлургии, нефтегазодобычи, систем транспорта нефти, жидких углеводородов и газа, нефтехимии, промышленной химии, атомной энергетики, теплоэнергетики и распределения электроэнергии, а также техногенных детерминистских и стохастических опасностей, присущих этим источникам, и форм их разрушительного проявления при воздействии на биотические компоненты объектов окружающей среды.

Основное содержание *второго* раздела связано с раскрытием теоретико-методологических аспектов обеспечения безопасности в техносфере, а также технологии решения соответствующих задач ПЭБ и МТЭР. Изложение материала начинается с уяснения закономерностей нежелательного аварийно-стохастического проявления техногенных систем, имеющих на объектах повышенной опасности, и принципов снижения их разрушительного воздействия на абиотические и биотические объекты ППС. Далее определяются структура, целеполагание, показатели и критерии оценки качества соответствующих систем, создаваемых администрацией этих объектов для снижения ущерба от непрерывных и аварийных техногенных воздействий ОПО.

Большое внимание здесь уделено описанию способов постановки и решения задач программно-целевого обеспечения ПЭБ, а также тех механизмов и инструментов МТЭР, которые призваны повысить результативность практикуемого ныне экологического менеджмента. В качестве *универсальной* меры сопутствующих этой работе издержек рекомендуются человеко-годы и кратные им единицы затраченного социального времени. Их выбор обусловлен удобством эквивалентирования таких единиц в денежные: стоимость одного человеко-дня, например, легко найти деле-

нием цены произведенной где-либо продукции на социальное время, затраченное на ее получение.

В приложениях к учебнику даны сведения, необходимые не только для лучшего уяснения ее основного материала, но также для решения конкретных задач программно-целевого обеспечения ПЭБ и проверки правильности решения тех ситуационных заданий, которые приведены в конце каждой главы вместе с литературными источниками. Общий список литературы включает книги, материал которых отражает самые последние достижения и (или) пригоден для углубленного изучения всех ее глав.

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать

- причины появления и основные сциосистемнологические принципы идентификации, классификации, квантификации и вариофикации источников вредного воздействия техногенных систем на объекты окружающей их среды;
- методы снижения обусловленного этим ущерба путем программно-целевого обеспечения ПЭБ и осуществления соответствующего менеджмента;
- способы количественной оценки результативности этой деятельности;

уметь

- количественно оценивать уровни критического воздействия конкретных техногенных вредных факторов;
- количественно оценивать обусловленный им ущерб людским, материальным и природным ресурсам;
- выявлять наиболее значимые для обеспечения производственно-экологической безопасности факторы и обосновывать рациональные предложения по снижению соответствующего риска;

владеть

- современными методиками ручного и автоматизированного анализа и синтеза мероприятий, осуществляемых при эксплуатации техногенных систем для обеспечения ПЭБ и осуществлении МТЭР;
- навыками пользования новейшими базами знаний и программными комплексами для более полного учета реальных факторов и оптимизации вариантов решений по обеспечению ПЭБ.

Авторы выражают благодарность магистру А. Г. Долгополовой и доценту Н. К. Плуготаренко (Южный федеральный университет) за согласие включить часть полученных ими результатов в гл. 9 учебника, а также уважаемым рецензентам — за снисходительно-конструктивное отношение как к содержанию, так и к его авторам.

Раздел I
ТЕХНОГЕННЫЕ СИСТЕМЫ
И ОПАСНОСТИ



Глава 1

СЦИОСИСТЕМОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИССЛЕДОВАНИЮ ТЕХНОГЕННЫХ СИСТЕМ

В результате изучения материала данной главы студент должен:

знать

- методологические основы системнологии;
- основные понятия, термины и приемы системнологического метода;
- системнологическое содержание компонентов и их взаимодействия в системе;
- предмет сциологии;

уметь

- приводить примеры абиотической и биотической систем;
- демонстрировать знания о какой-либо техногенной системе;
- осуществлять ее декомпозицию по отдельным устройствам;

владеть

- понятиями и терминами системнологического метода;
 - основными приемами сциосистемнологического подхода к исследованию техногенеза.
-

1.1. Мировоззренческие основы системнологии

Особенность сциосистемнологического подхода к исследованию техногенных систем заключается в применении методологии познания, содержание которой определяют системнологический и сциологический методы. При этом сциологический метод является развитием системнологического. Данная методология *познания* и *преобразования* существующего, как и всякая другая, представляет собой совокупность приемов, посредством которых происходит овладение знанием, его изложение и использование. Приемы ее методов выражаются с помощью специфических понятий и терминов.

Результативность каждого метода зависит от научности мировоззрения, на котором он основывается. *Мировоззрение* предстает совокупностью «принципов, взглядов, ценностей, идеалов и убеждений, определяющих как отношение к действительности, общее понимание мира, так и жизненные позиции, программы деятельности людей» [15].

Мировоззрение, послужившее опорным для системнологии, — это научное мировоззрение В. И. Вернадского (1863—1945) — российского естествоиспытателя, мыслителя и общественного деятеля. Он является основоположником многих областей научного знания о Земле, среди которых геохимия, радиогеология, гидрогеология, биогеохимия. В. И. Вернадский

был организатором, а с 1922 по 1939 г. и директором радиового института, когда основал в 1928 г. биогеохимическую лабораторию, ставшую Институтом геохимии и аналитической химии РАН его имени (ГЕОХИ РАН). С 1912 г. он — академик Петербургской академии наук, с 1917 г. — академик Российской Академии наук, с 1919 г. — основатель и первый президент АН Украины, а с 1925 г. — академик АН СССР.

Мировоззрение академика В. И. Вернадского базируется на принципах целостности, эволюционизма и материализации научного знания. Предельно обобщенное понятие, используемое В. И. Вернадским, — это понятие *реальности*: «Я здесь и в дальнейшем буду говорить о реальности вместо природы, космоса» [5]. Применение понятия реальности позволяет отделить ее от мыслимых представлений о ней. При этом все представления о реальности также являются частью реальности.

Вернадский ввел обобщенное понятие «живое вещество», идентичное понятию жизни: «Живое вещество биосферы есть совокупность живых организмов, в ней живущих. “Живое вещество”, так определенное, представляет понятие, вполне точное и всецело охватывающее объекты изучения биологии и биогеохимии» [5].

Живое вещество В. И. Вернадского входит в состав биосферы: «Человек как всякое живое природное (или естественное) тело неразрывно связан с определенной геологической оболочкой нашей планеты — биосферой, резко отличной от других ее оболочек, строение которой определяется ее своеобразной организованностью и которая занимает в ней как обособленная часть целого закономерно выражаемое место» [5].

Биосфера В. И. Вернадского целостна и устроена сопринадлежно. Она принадлежит планете и имеет в своем составе живое вещество, биокосные и косные тела и явления. *Живое* вещество принадлежит биосфере и охватывает живые организмы и их проявления. *Биокосное* тело также принадлежит биосфере и предстает, например, почвой, которая имеет сложный состав. *Косные* тела принадлежат биосфере и предстают, в частности, горной породой, в которую входит, например, кварц, состоящий из атомов.

Живое вещество, по В. И. Вернадскому, усложняется эволюционно: «Эволюционный процесс живых веществ непрерывно в течение всего геологического времени охватывает всю биосферу и различным образом, менее резко, но сказывается на ее косных природных телах. Уже по одному этому мы можем и должны говорить об эволюционном процессе самой биосферы, происходящем в инертной массе ее косных и живых природных тел, явно меняющихся в ходе геологического времени» [5].

Эволюционный процесс по В. И. Вернадскому «неизбежно привел к созданию мозга человека рода *Ното*, примерно больше полмиллиона лет назад. Без образования мозга человека не было бы его научной мысли в биосфере, а без научной мысли не было бы геологического эффекта — перестройки биосферы человечеством» [5]. Основываясь на принципе эволюционизма, В. И. Вернадский приходит к заключению: «...Ход научной мысли, например в создании машин, как давно замечено, совершенно аналогичен ходу размножения организмов» [5].

Следующее обобщение В. И. Вернадского: «...Основное влияние мысли человека как геологического фактора выявляется в научном ее проявлении: оно главным образом строит и направляет техническую работу человечества, переделывающую биосферу» [5] и характеризует мировоззренческий принцип материализации научного знания. Это и иные обобщения Вернадского создают основу для мировоззренческих положений, способствующих раскрытию системнологического метода исследования реальности.

Принятые здесь *мировоззренческие положения* имеют следующее содержание:

1) человек — неотъемлемая часть реальности, т.е. всего того, что существует, образует и окружает человека независимо от степени его отражения, отображения и осознания;

2) реальность преобразуется эволюционно, т.е. путем последовательного усложнения и более полного раскрытия свойств ее составляющих;

3) составляющие реальности раскрываются *сопринадлежащо*, при этом всякая составляющая становится частью общей составляющей, которая, в свою очередь, принадлежит более общей составляющей реальности и т.д.;

4) реальность усложняется через возникновение сингулярной, косной и живой составляющих, при этом две последние предстают в виде субстанции и *сопринадлежащо* возникших формообразований;

5) реальность при усложнении приобретает способность к самосознанию, осуществляемому посредством осознания живыми высшими формообразованиями, являющимися организмами, которые, в отличие косного формообразования, обладают способностью к кодовой рефлексии;

6) кодовая рефлексия являет собой отражение, отображение, осознание организмом реальности посредством соответственно ощущений, образов, слов;

7) живая составляющая реальности эволюционирует через усложнение и раскрытие способов кодовой рефлексии;

8) человек — высший организм, способный при кодовой рефлексии осознавать реальность и преобразовывать ее в процессе деятельности с применением сооружений и устройств, которые материализуют научное знание.

Человек в соответствии с представленными выше обобщениями занимает в биосфере *не главенствующее*, а *сопринадлежащее* положение, возникшее при эволюции живой составляющей реальности. Поэтому доминирующий ныне принцип антропоцентризма должен замещаться принципом биоцентризма. Содержание подобных мировоззренческих положений приводит к необходимости *целостного* (системного) исследования и изучения реальности. Область науки, предопределившая один из методов системного исследования и изучения существующего, называется системнологией.

Системнология — это совокупность научных теоретико-прикладных сведений о целостности отображения и осознания познаваемой реальности при ее кодовой рефлексии. К родственным ей областям науки относятся следующие: тектология, холизм, гештальт-подход, общая теория систем, кибернетика, системотехника, системный подход, системология, ценология, системный анализ и др.

Современная наука зародилась в Древней Греции (около 624–547 гг. до н.э.), философско-научное мышление ученых того времени было целостным изначально. Начала системного научного мышления шведского естествоиспытателя К. Линнея (1707–1778) присутствуют и в его «Философии ботаники»: «Ариаднина нить ботаники есть система, без нее наука о растениях — хаос» [9].

Первая группа задач, к решению которых приступил человек, создавая и развивая науку, — это геометрические задачи; вторая группа задач — задачи движения (или перемещения), т.е. задачи механики; следующая группа — задачи термодинамики. Системное научное мышление наиболее явственно обнаруживается в термодинамике С. Карно (1824), так как потребность в системности заложена в самом ее предмете. «Термодинамика представляет собой часть теоретической физики, основное содержание которой составляет рассмотрение общих свойств физических систем при равновесии, а также общих закономерностей, имеющих место при установлении равновесия» [8].

Системное научное мышление Тейяра де Шардена (1881–1955) столь же явственно просматривается в его основном труде «Феномен человека»: «“Система” непосредственно воспринимается в мире любым наблюдателем природы. Согласованность частей универсума всегда была предметом восхищения людей. И эта согласованность по мере того, как наука все более точно и глубоко изучает факты, оказывается все более удивительной. Чем дальше и глубже, с помощью все более мощных средств, мы проникаем в материю, тем больше нас поражает взаимосвязь ее частей» [14].

Системное научное мышление А. А. Богданова (1873–1928) обнаруживается и в его труде «Тектология: (Всеобщая организационная наука)»: «Организованный комплекс определяется в тектологии на основе принципа “целое больше суммы своих частей”, при этом чем больше целое отличается от суммы самих частей, тем более оно организовано» [4]. Системное научное мышление Я. Х. Смэтса (1870–1950) проявляется также в его труде «Холизм и эволюция». «Мне кажется, философия холизма с ее новым пониманием живого организма как единого целого в биосфере, т.е. естественного самостоятельно выявляющегося живого тела, впервые пытается дать новый облик теории познания» [5]. Системное мышление Ф. Перлза (1893–1970) присутствует также в его трудах о гештальт-подходе: «Гештальт — это паттерн, конфигурация, определенная форма организации индивидуальных частей, которая создает целостность» [13].

Однако массовое системное движение инициировано австрийским биологом К. Л. фон Берталанфи (1901–1972): «Мы предлагаем новую дисциплину, называемую общей теорией систем» [2]. Тогда как системное мышление Н. Винера (1894–1964) привело к введению в научное обращение понятия информации: «Как количество информации в системе есть мера организованности системы, точно так же энтропия системы есть мера дезорганизованности системы; одно равно другому, но взятому с обратным знаком» [6].

Системная инженерия А. Д. Холла, представленная в его работе «A Methodology for System Engineering», в переводе на русский язык стала называться системотехникой. «Растущая сложность систем, несомненно, сыграла важную роль в формировании системотехники...» [18]. Системное мышление И. В. Блауберга, В. Н. Садовского, Э. Г. Юдина и др. представлено посредством термина «системный подход»: «Что же касается системного подхода, то его характеризует стремление к наибольшей общности и универсальности выдвигаемых методологических принципов...» [3].

Д. Клир — специалист по системологии, которую он определяет как совокупность следующих наук: «...кибернетика, общесистемные исследования, теория информации, теория управления, математическая теория систем, теория принятия решений, исследование операций и искусственный интеллект. <...> Становится все более оче-

видным, что полезно было бы посмотреть на эти взаимосвязанные интеллектуальные разработки как на части более общего поля исследований, обычно называемого наукой о системах или системологией» [7].

Системное мышление еще одного нашего соотечественника Б. И. Кудрина, наряду с другими понятиями, выражается через понятие ценоза: «Техноценоз физически не может быть выделен ни в пространстве, ни во времени <...>. Речь идет лишь об умозрительном его постижении» [16].

Наконец, известен также термин «системный анализ», появившийся в 1948 г. в работах фирмы «RAND Corporation» при решении заданий Министерства обороны США: «Системный анализ можно определить как дисциплину, занимающуюся проблемами принятия решений в условиях, когда выбор альтернативы требует анализа сложной информации различной физической природы» [1].

1.2. Основные понятия и термины системнологического метода

Система и критическое взаимодействие. Ключевое понятие системнологии — термин «система», имеющий греческое происхождение (συστημα) и переводимый как «целое, составленное из частей». **Система** в системнологии — это осознаваемое при кодовой рефлексии *отображение* познаваемой реальности, обособленное в соответствии с ее целью и разделяющееся на компоненты, которые посредством отношений соединяются в целое, связанное с внешней средой.

Система с данным определением является когнитивной (лат. *cognitio* — познание), которую нужно воспринимать как минимум с двух точек зрения:

1) она отображает собой то, что существует и на что направлено познание, т.е. познаваемую реальность, представляющую ее формообразованиями, которые именуются, например, техническими объектам (онтологический аспект);

2) система формируется как осознаваемое отображение познаваемой реальности при кодовой рефлексии, т.е. она предстает соответствующими нейронными образованиями коры головного мозга человека, наполненными гностическим (греч. γνωση — знание) содержанием (гносеологический аспект).

Когнитивная система определяется следующими явными и неявными признаками:

- она предстает осознаваемым при кодовой рефлексии отображением познаваемой реальности, призванным для тождественного познания реальности;
- данная система отображает изменяющуюся реальность, цель которой заключается в развитии;
- образование этой системы проводится в соответствии и с целью облегчения познания части реальности путем обособления от остальной ее части;
- в составе системы всегда имеются компоненты, которые посредством взаимоотношений соединяются в целое;

- остальная (непознаваемая) часть реальности является внешней для системы средой, состоящей из взаимодействующих с ней компонентов.

Следующее понятие системологии — «компонент». Слово «компонент» имеет латинское происхождение (*componens*) и переводится как «составляющая». **Компонент** в системологии — это составляющая системы, которая отображает осознаваемую при кодовой рефлексии часть познаваемой реальности, обособляется в соответствии с функцией и может, в свою очередь, разделяться на составляющие, соединяемые в часть целого посредством отношений.

Компонент определяется следующими основными признаками:

- он входит в состав системы и отображает осознаваемую при кодовой рефлексии часть познаваемой реальности;
- обособление компонента проводится в соответствии с его функцией, которая является частью функции всей системы;
- компонент также может разделяться на составляющие, которые соединяются в компоненте посредством отношений.

Элемент — это компонент системы, неразделяемый на составляющие.

Некоторые признаки компонента аналогичны признакам системы. Схожесть признаков служит следствием мировоззренческого положения о сопринадлежности реальности.

Внешняя среда в системологии — это особый компонент системы, отображающий осознаваемую при кодовой рефлексии всю остальную реальность, части которой влияют на познаваемую систему (находятся под ее влиянием) и предстают сопряженными с ней компонентами. Внешняя среда определяется следующими признаками:

- она является тем компонентом, который взаимодействует с системой, находится за ее пределами и отображает остальную часть осознаваемой реальности при кодовой рефлексии;
- внешняя среда разделяется на составляющие, сопряженные с какими-либо компонентами системы таким образом, что они влияют на эту часть познаваемой реальности или находятся под ее влиянием.

Познаваемая, т.е. исследуемая или изучаемая, реальность существует в виде *формообразований* и *субстанции*. Состояние всякого формообразования зависит от обмена субстанцией с какими-либо другими. В системологии формообразования реальности отображаются компонентами системы, а постоянство их состояния и обмен субстанцией — *отношениями*.

Отношения — это осознаваемые при кодовой рефлексии отображения обмена субстанцией между компонентами системы и постоянства их состояния. Отношения включают связи взаимодействия и связи наследования.

Связи взаимодействия, или *взаимодействия*, — это отношения между какими-либо компонентами системы в конкретный момент времени.

Связи наследования (наследование) — это отношения внутри компонента, взаимодействующего с другими компонентами системы, придающие постоянство его состоянию во времени. Постоянство состояния компонента предстает его неизменностью, обеспечиваемой изменчивостью внутрикомпонентных свойств и свойств взаимодействия с другими компонентами. Данная особенность позволяет тождественно заменить связи наследования подобными процессами.

Процесс — это изменение свойств компонента или взаимодействия компонентов системы во времени. Постоянство состояния компонентов во времени обеспечивается *консервативными* процессами. Процессы, приводящие к изменению состояния компонентов, относятся к *неконсервативным*. Изменение свойств компонента во времени является внутриконтентным процессом, а изменение свойств взаимодействия компонентов — процессом взаимодействия. Общесистемный процесс охватывает всю систему, а парциальный — ее отдельные компоненты.

Одним из основных показателей процесса служит *скорость*, которая представляет собой степень изменения какого-либо свойства во времени. Процесс имеет начало и окончание, он может протекать с постоянной или переменной скоростью. При переменной скорости процесс может переходить из одной стадии в другую. Начало процесса, переход от одной стадии к другой или завершение процесса может происходить крайне быстро и иметь малую длительность. Процесс и стадии процесса ограничиваются его малыми частями, называемыми событиями.

Событие — это начало процесса, его переход от одной стадии к другой или завершение процесса в системе. Событие является кратковременной частью процесса, протекающей со скоростью, значительно превышающей среднюю скорость всего процесса. Неконсервативные процессы взаимодействия компонентов приводят к изменениям внутри них, т.е. к эффектам взаимодействия.

Эффект взаимодействия — это результат внутри компонента, возникающий вследствие взаимодействия компонентов. Эффекты взаимодействия влияют на исполнение компонентами своей функции и могут приводить к неисполнению функции или дисфункции компонента.

Количество субстанции, передаваемой от одного формообразования к другому при обмене, отображается уровнями взаимодействия. В системологии взаимодействие с уровнем, при небольшом отклонении от которого внутри компонента возникают эффекты, создающие предпосылки для неисполнения им функции, называется *критическим*. Слово «критический» образовано от греческого «кризис» (κρίσις), переводимого как «поворот, переход (к иному состоянию)».

Реальность при познании предстает имманентным (лат. *immanens* — свойственный) и трансцендентным (лат. *transcendere* — превосходящий) слагаемыми. *Имманентное* слагаемое реальности доступно человеку для исследования и изучения, а трансцендентное остается непознаваемым. Проявления трансцендентного слагаемого реальности воспринимаются как случайные, они непредсказуемы. События в системе, отображающей имманентное слагаемое, являются предсказуемыми. Предсказуемые события разделяются на детерминированные (лат. *determinare* — определять) и предполагаемые, т.е. стохастические (греч. *στοχασισ* — догадка, предположение).

Детерминированное событие — это событие, предопределенное функцией системы. *Стохастическое* событие — это событие, не обусловленное системной функцией и проявляющееся при стечении обстоятельств. К стохастическим событиям ниже будем относить и техногенные *происшествия*.

Разделение событий на детерминированные и стохастические дополняет детерминированность познавательской системы стохастичностью.

Детерминированность системы состоит в том, что отношения в ней предопределены системной функцией. Стохастичность системы выражается тем, что в ней возможны отношения, не обусловленные системной функцией и проявляющиеся вследствие стечения обстоятельств.

Стохастические взаимодействия и процессы дополняют детерминированные взаимодействия и процессы, поэтому детерминированное взаимодействие приводит не только к детерминированным, но и к стохастическим эффектам взаимодействия. Совокупность компонентов и их детерминированного взаимодействия представляет собой *структуру* системы.

Стохастические процессы и взаимодействия могут приводить к преобразованиям компонентного состава и отношений в системе, к изменению структуры системы. Происшествие может вызвать такой эффект взаимодействия, который создает предпосылки для неправильного исполнения функции или приведет к дисфункции компонента, что может сопровождаться нежелательным эффектом для всей системы, а иногда — и для объектов окружающей ее среды.

Иные определения понятия системы

Система — комплекс элементов, находящихся во взаимодействии (Л. Берталанфи).

Система — соподчиненная сложная взаимосвязь частей, выражающая в своих противоречивых тенденциях и в своем непрерывном движении высшее единство — развивающуюся организацию (И. Шмальгаузен).

Система — это множество связанных, действующих элементов (О. Ланге).

Система есть объект, целостность которого обеспечивается совокупностью связей и отношений между группами элементов, объединенных развернутыми в пространстве и во времени структурами (М. Сетров).

Систему можно определить как любую сущность, концептуальную или физическую, которая состоит из взаимосвязанных частей (Р. Акофф).

Система — это множество элементов, поставленных в отношение друг к другу, необходимое и достаточное для наличия функционального свойства данного множества (В. Сагатовский).

Система — понятие, служащее для воспроизведения в знании целостного объекта (И. Блауберг).

Система есть отражение в сознании субъекта свойств объектов и их отношений в решении задач исследования, познания (Ю. Черняк).

Система — любая совокупность переменных, которую наблюдатель выбирает из переменных, свойственных реальной «машине» (У. Эшби).

Система — множество элементов с соотношением между ними и между их атрибутами (А. Холл).

Система — совокупность элементов, организованных таким образом, что изменения, исключения или введение нового элемента закономерно отражаются на остальных элементах (В. Топоров).

Система — взаимосвязь самых различных элементов, все состоящее из связанных друг с другом частей (С. Бир).

Система представляет собой отображение входов и состояний объекта в его выходах (М. Месарович).

В самом общем и широком смысле системой принято называть любое достаточно сложное образование, состоящее из множества взаимосвязанных элементов, которые как единое целое взаимодействуют с внешней средой (В. Крылов, Ю. Морозов).

Система — это ансамбль взаимосвязанных элементов. (Г. Зборовский).

Система — упорядоченная совокупность элементов, между которыми существуют или могут быть созданы определенные отношения (В. Спицнадель).

Система есть целое, составленное из многих частей, ансамбль признаков (К. Черри).

Система — размещение физических компонентов, связанных или соотносящихся между собой таким образом, что они образуют или действуют как целостность (Д. Дистефано).

Под системой обычно понимают наличие множества объектов с набором связей между ними и их свойствами; объекты (части системы) функционируют во времени как единое целое (О. Жариков, В. Королевская, С. Хохлов).

Система — собрание простых частей (У. Гослинг).

Система — взаимодействующий комплекс, характеризующийся многими взаимными путями причинно-следственных воздействий (К. Уотт).

Собрание или соединение объектов, объединенных регулярным взаимодействием или взаимозависимостью, есть система (Д. Клир).

Система — это сложное единство, сформированное многими, как правило, различными факторами и имеющее общий план или служащее для достижения общей цели (В. Садовский).

Система — это функциональная совокупность материальных образований, взаимодействующих достижению определенного результата (цели), необходимого для удовлетворения исходной потребности (П. Анохин).

Система — множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, которые образуют определенную целостность, единство (Л. Лопатников).

Под системой понимается совокупность элементов, соединенных отношениями, порождающими интегративное или системное свойство, отличающее данную совокупность от среды и приобщающее к этому качеству каждый из ее компонентов (О. Шабров).

Системой будет являться любой объект, в котором имеет место какое-то отношение, удовлетворяющее некоторым заранее определенным свойствам (А. Уемов).

Системой является все, что мы хотим рассматривать как систему (Д. Клир).

Пример системы — атмосфера Земли (ее газовая оболочка, которая вращается вместе с Землей). Функция атмосферы заключается в обеспечении газообмена с биотой. Системнологическое представление атмосферы Земли, учитывающее ее *расслоение* по вертикали, приводится на рис. 1.1.

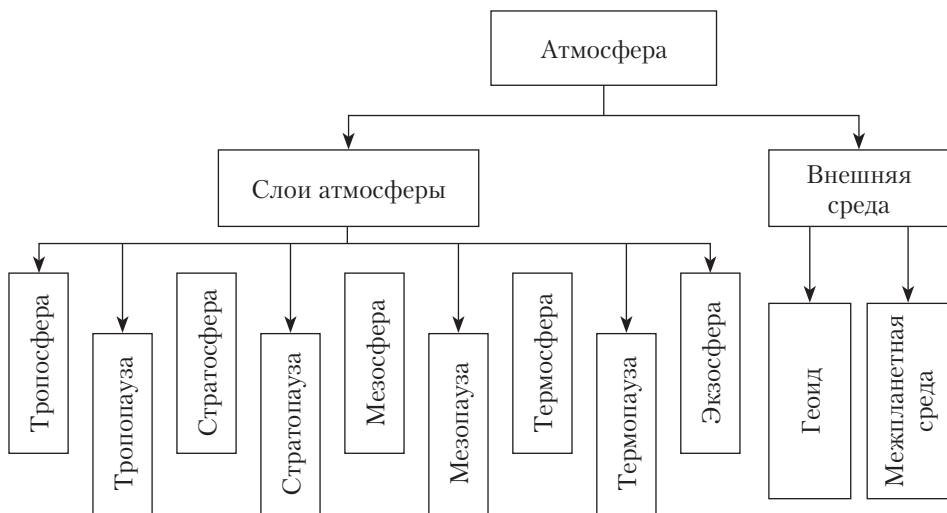


Рис. 1.1. Системнологическое представление атмосферы Земли

Характеристика компонентов рис. 1.1 приведена в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Системнологическое представление атмосферы Земли

Наименование компонента	Краткая характеристика компонента
Слои атмосферы	Газовые сферы и паузы между сферами, имеющие разное изменение термодинамических показателей (температуры) и состава по вертикали
Внешняя среда	Внешние компоненты, непосредственно влияющие на атмосферу
Тропосфера	Характеризуется падением температуры с высотой при среднем значении вертикального градиента $(0,65 \pm 0,3)^\circ\text{C}/100$ м. В ней сосредоточена основная масса атмосферы — от 75% в умеренных и высоких широтах до 90% в низких. Верхняя граница тропосферы находится в полярных широтах на высоте 8–10 км, в умеренных — 10–12 км, в тропических — 16–18 км
Тропопауза	Слой атмосферы, в котором прекращается заметное снижение температуры с высотой
Стратосфера	Характеризуется медленным падением $(0,2^\circ\text{C}/100$ м) или постоянством и ростом температуры с высотой. Границы стратосферы в среднем располагаются на высотах 11 и 50 км. Изотермическое распределение температуры в стратосфере умеренных широт сохраняется до высоты 25 км. Выше этого уровня температура растет. Среднее значение вертикального градиента в слое 25–46 км составляет $0,28^\circ\text{C}/100$ м
Стратопауза	Температура стратопаузы близка к 0°C , такое значение обуславливается поглощением солнечного ультрафиолетового излучения озоном
Мезосфера	Начинается на высоте 50 км и простирается до 80–90 км. Характеризуется падением температуры с высотой $(0,35^\circ\text{C}/100$ м)
Мезопауза	Температура мезопаузы изменяется от -85 до -90°C
Термосфера	Верхняя граница термосферы находится на высоте 450 км. Она характеризуется ростом температуры с высотой под влиянием солнечного излучения. При этом происходит диссоциация кислорода
Термопауза	В термопаузе поглощение солнечного излучения незначительно и температура не меняется с высотой
Экзосфера	Находится выше 450 км. Газ в экзосфере сильно разрежен, а его частицы поступают в межпланетное пространство
<i>Внешняя среда</i>	
Геоид	Земная поверхность, соприкасающаяся с атмосферой
Межпланетная среда	Разреженная среда, представляющая собой частицы межпланетного газа, главным образом атомами водорода, и частицы кометного и метеорного происхождения

1.3. Приемы системнологического метода

Системнологические приемы. Системнологический метод предстает сочетанием приемов, используемых при: а) образовании когнитивной системы, отображающей познаваемую реальность; б) выявлении компонентного состава системы; в) раскрытии отношений в системе. К основным приемам данного метода относятся следующие: системация, декомпозиция, структуризация и вариофикация.

Прием, называемый *системацией*, характеризуется тем, что система создается в соответствии с целью. Для составляющей реальности, выделяемой для познания, устанавливается цель. Установленная цель принимается системообразующим фактором, посредством которого определяется наименование системы и ее функция. Вследствие этого созданная система отображает познаваемую реальность и имеет функцию, соответствующую цели.

Прием *декомпозиции* позволяет выявить компонентный состав системы и проводится в последовательности, задаваемой положением о принадлежности реальности. В соответствии с ним компонент, входящий в состав системы, принимается системой, состоящей из компонентов. Система, подлежащая декомпозиции, обозначается исходной. Система исходной ступени декомпозиции разделяется на компоненты первого шага декомпозиции. Каждый компонент обособляется в соответствии с функцией.

Компонент *первого* шага принимается системой первой ступени декомпозиции. Система первой ступени разделяется на компоненты второго шага. Компоненты *второго* шага становятся системами второй ступени и т.д. Компонент последнего шага декомпозиции становится элементарным компонентом исходной системы и не разделяется на составляющие. Декомпозиция систем внешней среды приводит к выявлению компонентов, влияющих на исходную систему или находящихся под ее влиянием.

Количество шагов декомпозиции исходной системы до элементарных компонентов может быть как одинаковым, так и различным. При разношаговой декомпозиции компонент исходной системы может стать ее элементарным компонентом или системой первой ступени. Путь последовательного перехода от компонента исходной системы к элементарному компоненту называется *направлением* декомпозиции. Количество шагов декомпозиции на ее разных направлениях определяется сложностью решаемой задачи.

Система при декомпозиции может быть исходной системой, системой текущей ступени декомпозиции или просто компонентом. В свою очередь компонент может быть системой, компонентом текущего шага декомпозиции или элементарным компонентом. Исходная система наделяется функцией при ее создании, а следующие за ней компоненты и элементы приобретают функцию при декомпозиции.

Структура системы в системнологии представляет собой ее строение, выражаемое взаимным расположением компонентов и их детерминированным взаимодействием. Взаимное расположение компонентов и их детерминированное взаимодействие раскрывается при структуризации системы. Расположение компонентов относительно друг друга может быть установлено, например, координатным способом. При этом положение любой точки

компонента задается тремя пространственными координатами: абсциссой, ординатой, аппликатой.

Структуризация системы при описании взаимного расположения компонентов проводится в той же последовательности, что и декомпозиция. Вначале фиксируется относительное положение одного из центральных компонентов первого шага декомпозиции, затем определяется взаиморасположение компонентов первого шага декомпозиции относительно выбранного, дальше — взаиморасположение компонентов второго шага и т.д.

Структуризация системы при описании детерминированного взаимодействия начинается с раскрытия взаимодействия элементарных компонентов того направления декомпозиции, которое имеет максимальное количество шагов. Затем раскрывается взаимодействие компонентов предыдущего шага декомпозиции и т.д. до компонентов первого шага декомпозиции. Компоненты, выявленные при декомпозиции, образуют структуру системы, представляемую их взаимным расположением и детерминированным взаимодействием, которые раскрываются при структуризации.

Детерминированное взаимодействие служит основанием для обнаружения детерминированных процессов, приводящих к этому взаимодействию. Детерминированные процессы перемежаются событиями, которые их начинают, разделяют на стадии или завершают. Характер и уровень детерминированных процессов могут вызывать происшествия, начинающие стохастические процессы или возникающие вследствие процессов взаимодействия компонентов системы с компонентами внешней среды.

Вариофикация (лат. *varians* — изменение и *facio* — делаю) — это те изменения в системе, которые являются следствием совокупности внутрикомпонентных процессов и процессов взаимодействия компонентов. Вариофикация системы начинается с выбора происшествия и следующих действий: а) соотнесение данного происшествия с предваряющими процессами; б) составление цепей перемежаемых событий, начиная с предваряющих процессов и заканчивая исходными; в) раскрытие процессов и событий, следующих за выбранным происшествием. При вариофикации раскрываются детерминированные и стохастические эффекты взаимодействия внутри компонентов.

Пример декомпозиции гидросферы. «Природные воды Земли формируют ее гидросферу» [12]. Гидросфера — прерывистая водная оболочка земного шара, расположенная на поверхности Земли. Функция гидросферы состоит в обеспечении необходимых условий для эволюции биоты.

Пример декомпозиции *гидросферы* Земли приводится на рис. 1.2.

Функция компонентов изображенной на рис. 1.2 системы показана в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Декомпозиция гидросферы Земли

Номер	Наименование	Функция
0	Гидросфера	Создание части необходимых условий для эволюции биоты

Номер	Наименование	Функция
<i>Гидросфера</i>		
1.0	Водные объекты	Образование гидросферы
2.0	Внешняя среда	Взаимодействие с гидросферой
<i>Водные объекты</i>		
1.1.0	Водоемы	Накопление воды в жидкой фазе
2.1.0	Ледники	Накопление воды в твердой фазе
3.1.0	Водотоки	Сбор и перемещение воды на континентах
<i>Внешняя среда</i>		
Э1.2.0	Литосфера	Фильтация воды и ограничение ее перемещения
Э2.2.0	Подземные воды	Взаимодействие с водными объектами при перемещении воды
Э3.2.0	Подземные льды	Взаимодействие с водными объектами, сопровождаемое таянием и замерзанием воды
Э4.2.0	Атмосфера	Взаимодействие с водными объектами, сопровождаемое испарением и конденсацией воды
<i>Водоемы</i>		
1.1.1.0	Мировой океан	Накопление воды за пределами омываемой суши
2.1.1.0	Континентальные водоемы	Накопление воды на суше
<i>Ледники</i>		
Э1.2.1.0	Покровные	Накопление воды в твердой фазе на материках и островах
Э2.2.1.0	Горные	Накопление воды в твердой фазе в горах
<i>Водотоки</i>		
Э1.3.1.0	Реки с водохранилищами	Сбор и перемещение воды с бассейна площадью не менее 50 км ²
Э2.3.1.0	Ручьи	Сбор и перемещение воды с бассейна площадью менее 50 км ²
Э3.3.1.0	Каналы	Перемещение воды между водными объектами
<i>Мировой океан</i>		
Э1.1.1.1.0	Тихий океан с морями	Накопление воды за пределами омываемой суши Евразии, Австралии, Северной и Южной Америки
Э2.1.1.1.0	Южный океан с морями	Накопление воды за пределами омываемой суши Антарктиды, Южной Америки, Африки, Тасмании и Новой Зеландии

Номер	Наименование	Функция
Э3.1.1.1.0	Атлантический океан с морями	Накопление воды за пределами омываемой суши Гренландии, Исландии, Европы, Африки, Северной и Южной Америки
Э4.1.1.1.0	Индийский океан с морями	Накопление воды за пределами омываемой суши Азии, Африки, Австралии
Э5.1.1.1.0	Северный Ледовитый океан с морями	Накопление воды за пределами омываемой суши Евразии и Северной Америки
<i>Континентальные водоемы</i>		
Э1.2.1.1.0	Озера	Накопление воды на суше в естественных котловинах
Э2.2.1.1.0	Болота	Накопление воды на суше в увлажненных массивах земли

Примечание. Номер в левой колонке табл. 1.2 является системнологическим. Буква «Э» означает в нем элемент системы, а разделенные точками цифры справа налево — номера компонентов разных ступеней декомпозиции.

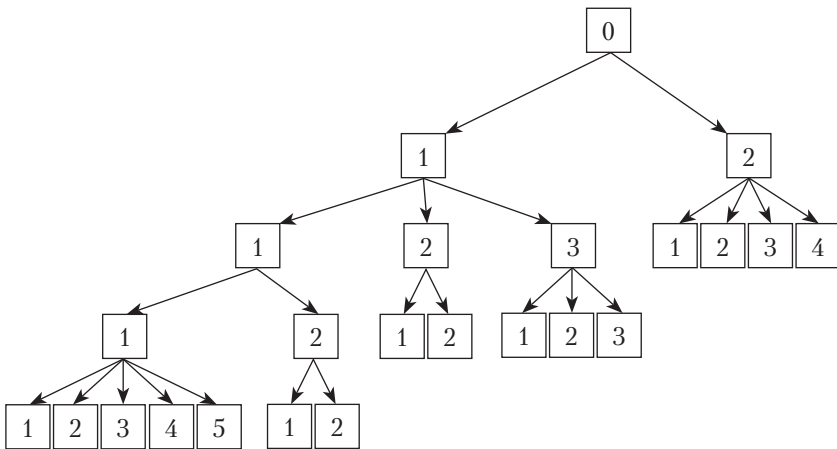


Рис. 1.2. Декомпозиция гидросферы Земли

1.4. Системнологическое содержание компонентов и их взаимодействия в системе

Конструктивность системнологического метода здесь демонстрируется при определении содержания компонентов, их взаимодействия и процессов на примере двух систем — неживой (абиотической) и живой (биотической).

Отображение содержания компонентов, их взаимодействия и процессов *абиотической системы* начинается с образования когнитивной системы.

При этом ее косная составляющая призвана поддерживать пребиотические состояния, способствующие эволюции живой составляющей. Цель косной составляющей переносится на систему и становится ей функцией. Вследствие этого функция абиотической системы заключается в обеспечении состояний, способствующих возникновению и существованию биоты. Абиотическая система способствует выявлению содержания компонентов, процессов и взаимодействий в косной составляющей реальности.

Формообразования косной составляющей отображаются абиотической системой исходной ступени. Декомпозиция исходной системы приводит к выделению абиотических компонентов первого шага и внешней среды. Абиотический компонент первого шага декомпозиции принимается абиотической системой первой ступени, которая разделяется на компоненты второго шага и т.д. Переход от формообразования к его субстанции отображается системой переходной ступени сопринадлежности. Компонент, отображающий субстанцию, принадлежит системе переходной ступени. Системы высших ступеней относительно переходной отображают формообразования, а системы низших ступеней — субстанцию.

Абиотические компоненты систем переходной и низших ступеней декомпозиции отображают косную субстанцию и наполнены соответствующим содержанием. Для именования этого содержания применяются используемые в науке названия — вещество и энергия. Таким образом, содержимое абиотического компонента состоит из двух слагаемых: первое слагаемое — вещество, а второе — энергия.

Вещество в системнологии — это отображающее субстанцию слагаемое компонента, которое проявляется массой, предстает его структурой и служит носителем энергии. Вещество определяется следующими явными и неявными признаками: а) понятие вещества отображает осознаваемую при кодовой рефлексии субстанцию и предстает слагаемым компонентов переходной ступени и низших ступеней сопринадлежности; б) вещество характеризуется массой, которая является определяющим понятием и устанавливается эмпирически; в) вещество предстает структурой компонента и служит носителем его энергии.

Энергия в системнологии — это отображающее субстанцию слагаемое компонента, которое проявляется посредством силы, поддерживает его структуру, придает ему активность и может создавать поле. Энергия определяется следующими признаками: а) при кодовой рефлексии предстает слагаемым компонентов переходной ступени и низших ступеней сопринадлежности; б) характеризуется силой, которая является определяющим понятием, устанавливаемым эмпирически; в) поддерживает структуру компонента, придает ему активность и может создавать поле компонента.

Посредством вещества и энергии отображаются два неразделяемых слагаемых косной субстанции: вещество компонента обладает энергией, а энергия вещества поддерживает его структуру. Вещественно-энергетическое содержание абиотических компонентов придает им свойства, описываемые посредством свойств вещества и энергии. Процессы и взаимодействия в абиотической системе и эффекты взаимодействий внутри

компонентов, отображающие субстанцию, также описываются вещественными и энергетическими свойствами.

В соответствии с принятыми мировоззренческими положениями можно утверждать, что содержание компонентов, их взаимодействия и процессы *биотической системы* нацелены на осознание существующего посредством кодовой рефлексии. Отображение какой-либо организованной части этой (живой) составляющей реальности предстает биотической системой.

Цель живой составляющей реальности переносится на образуемую систему и становится её функцией. Вследствие этого функции биотических систем состоят в поддержании организованных состояний, обуславливаемых кодовой рефлексией и развивающих ее. Понятие биотической системы способствует выявлению содержания компонентов, процессов и взаимодействий, отображающих субстанцию живой составляющей реальности.

Формообразования живой составляющей реальности отображаются биотической системой исходной ступени. Декомпозиция исходной системы приводит к выделению компонентов первого шага и внешней среды. Биотический компонент первого шага декомпозиции принимается системой первой ступени, которая разделяется на компоненты второго шага, и т.д. Биотическая система переходной ступени сопринадлежности отображает низшую организованность живой составляющей реальности. Биотический компонент системы переходной ступени сопринадлежности отображает живую субстанцию. Его содержание отличается от содержания абиотического компонента способностью к кодовой рефлексии.

Биотические компоненты систем переходной и высших ступеней отображают *живую* субстанцию и наполнены соответствующим содержанием. Содержимое биотического компонента состоит из трех слагаемых: первое слагаемое — вещество, второе — энергия, а третье — сциенция. Латинское слово «scientia» переводится как «знание, сведение, понимание, умение, наука». Сциенция при ее упрощенном восприятии представляет собой информацию.

В отличие от абиотического компонента, биотический содержит вещество более сложного строения и энергию, соответствующую этому строению. Дополнительно он включает сциенцию, носителями которой являются биотические вещество и энергия. Сциенция придает системе способность к кодовой рефлексии, которая состоит в отражении, отображении, осознании существующего, придает ей состояние простейшего организма, составляющей организма или сложного организма.

Сциенция в системологии — это отображающее субстанцию слагаемое биотического компонента, которое придает ему организованность посредством кодовой рефлексии и проявляется совокупностями эффициентных (изначально способных к самодействию) вещественно-энергетических знаков при их создании, восприятии, преобразовании, передаче, хранении, воспроизведении, применении в поведении. Сциенция определяется следующими явными и неявными признаками:

- понятие сциенции отображает осознаваемую при кодовой рефлексии субстанцию живой составляющей реальности, представленной слагаемым

биотических компонентов переходной ступени и высших ступеней сопринадлежности;

- сциенция посредством кодовой рефлексии реальности придает биотическому компоненту организованность, которая заключается в его существовании в виде простейшего организма, составляющей организма или сложного организма;

- кодовая рефлексия реальности предстает образовавшимися при эволюции разновидностями, называемыми отражением, отображением, осознанием, каждая из которых представляет совокупность вещественно-энергетических знаков, характеризующихся свойствами вещества и энергии;

- совокупности знаков сциенции обладают самодействием, которое вызвано способностью биотического вещества и энергии к избирательному и направленному взаимодействию;

- данное самодействие обнаруживается при создании, восприятии, преобразовании, передаче, хранении, воспроизведении и применении этих знаков, имеющих вещественное, энергетическое, сциентное содержание, компонентами биотических систем переходной и высших ступеней.

Содержание компонентов низших систем относительно переходной ступени остается вещественно-энергетическим. Биотические компоненты имеют не только вещественно-энергетические, но и сциентные свойства. Процессы и взаимодействия в биотической системе и эффекты взаимодействий внутри биотических компонентов также описываются вещественными, энергетическими и сциентными свойствами.

Понятие сциенции, если не учитывать самодействие ее знаков, вырождается в понятие информации. **Информация** предстает совокупностью хранимых, передаваемых, преобразуемых и распознаваемых знаков.

Иные определения понятия «информация»

Информация — это обозначение содержания, полученного из внешнего мира в процессе нашего приспособления к нему и приспособления к нему наших чувств. Информация есть информация, а не материя и не энергия (Н. Винер) [11].

Информация есть знания, переданные кем-то другим или приобретенные путем собственного исследования или изучения (Ф. Махлуп).

Информация — это сведения, содержащиеся в данном сообщении и рассматриваемые как объект передачи, хранения и обработки (О. С. Ахманова).

Информация в обыденном смысле — это сведения, известия, в научно-технических приложениях — то, что имеет на себе сигнал (Ф. И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко).

Информация — одно из свойств предметов, явлений, процессов объективной действительности, созданных человеком управляющих машин, заключающееся в способности воспринимать внутреннее состояние и воздействие окружающей среды и сохранять определенное время результаты его; передавать сведения о внутреннем состоянии и накопленные данные другим предметам, явлениям и процессам (Н. И. Кондаков).

Информация — объективное содержание связи между взаимодействующими материальными объектами, проявляющееся в изменении состояний этих объектов (А. И. Михайлов, А. И. Черный, Р. С. Гиляревский).

Информацией являются все те данные о внешнем мире, которые мы получаем как путем непосредственного воздействия на наши органы чувств окружающих предметов и явлений, так и опосредованным путем через книги, газеты, рассказы других людей (З. И. Ровенский, Е. А. Уемов, А. И. Уемов).

Информацией называется всякое сообщение или передача сведений о чем-либо, что заранее не было известно (С. Ф. Анисимов).

Информация в самом общем случае — это разнообразие, которое один объект содержит о другом, это взаимное, относительное разнообразие. С позиций теории отражения информация может быть представлена как отраженное разнообразие, как разнообразие, которое отражающий объект содержит об отраженном (А. Д. Урсул).

Информация есть отражение в сознании людей объективных причинно-следственных связей в окружающем нас реальном мире (А. И. Берг, Ю. И. Черняк).

Информация — это содержание процессов отражения (О. В. Елчанинова).

Информация — это философская категория, рассматриваемая наряду с такими понятиями, как пространство, время, материя. В самом общем виде информацию можно представить как сообщение, т.е. форму связи между источником, передающим сообщение, и приемником, его принимающим (Г. Г. Воробьев).

Информация есть план строения клетки и, следовательно, всего организма (Э. Эйген).

Информация — инструкция к самоорганизации в процессе эволюции биологических структур (Э. Янч).

Информация есть некий алгоритм (В. И. Корогодин).

Никто еще не видел ни как субстанцию, ни как свойство эту загадочную информацию. Везде мы обнаруживаем лишь воздействие материальных веществ, наделенных энергией, и нигде не обнаруживаем того, что обычно называют информацией. Почему? Да потому, что ее не существует в природе, как не существует флюидов, флогистона, эфира (А. В. Соколов).

Информация есть случайный и запомненный выбор одного варианта из нескольких возможных и равноправных (Г. Кастлер).

Я буду понимать слово «информация» в самом простом житейском смысле — как некоторую совокупность сведений. И не только из-за многообразия ее особенностей, но и в силу того, что необходимость введения этого понятия возникает тогда, когда мы начинаем изучать объекты, способные к целенаправленным действиям (Н. Н. Моисеев).

Пример биотической системы переходной ступени. Муравьиная семья представляет совокупность общественных насекомых из надсемейства муравьиных и отряда перепончатокрылых. Они составляют приблизительно 2% от всего видового многообразия животного мира и 80% биомассы насекомых (20% биомассы всех животных). Системнологическое описание *муравьиной* семьи приводится в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Системнологическое описание муравьиной семьи

Номер	Наименование	Функция
0	Семья	Поддержание мирмекогенеза, т.е. эволюции муравьев, в составе коллективного образования
<i>Семья</i>		
1.0	Муравьи семьи	Репродуктивное поведение, сопровождаемое сооружением гнезд и поддержанием их в нужном состоянии, а также трофическим взаимодействием с другими растительными и животными организмами
2.0	Внешняя среда	Взаимодействие с семьей муравьев

Номер	Наименование	Функция
<i>Муравьи семьи</i>		
Э1.1.0	Репродуктивные самки	Откладывание яиц после одноразового оплодотворения с получением большого количества спермы, расходуемой постепенно в течение всей жизни
Э2.1.0	Самцы	Оплодотворение молодых крылатых самок
3.1.0	Рабочие муравьи	Поддержание условий, необходимых для существования семьи
<i>Рабочие муравьи</i>		
1.3.1.0	Фуражиры	Доставка добычи в семью
Э2.3.1.0	Строители	Сооружение гнезда и поддержание его в нужном состоянии
Э3.3.1.0	Няньки	Уход за подрастающими муравьями
Э4.3.1.0	Медовые бочки	Хранение запасов жидкой пищи
<i>Фуражиры</i>		
Э1.1.3.1.0	Хитино-остовная система	Поддержание формы и защита внутренних органов
Э2.1.3.1.0	Мышечно-двигательная система	Передвижение и перенос тела особей
Э3.1.3.1.0	Дыхательная система	Газообмен
Э4.1.3.1.0	Пищеварительная система	Переваривание пищи и удаление конечных продуктов обмена веществ
Э5.1.3.1.0	Гемолимфическая (кровеносная) система	Транспорт веществ внутри организма
Э6.1.3.1.0	Половая система	Откладывание неоплодотворенных яиц
Э7.1.3.1.0	Эндокринная система	Выработка экскретов и других активных веществ
Э8.1.3.1.0	Сциентная система	Поддержание организованности и взаимодействие с другими муравьями и с внешней средой посредством ганглий нервной системы, органов чувств и внутриклеточных составляющих
<i>Внешняя среда</i>		
Э1.2.0	Семьи колонии	Вещественно-энергетическое и сциентное взаимодействие муравьев других семей колонии с муравьями данной семьи
Э2.2.0	Растения	Обеспечение строительным материалом

Номер	Наименование	Функция
Э3.2.0	Микроорганизмы	Обеспечение пищей
Э4.2.0	Животные	Трофическое взаимодействие

1.5. Предмет сциологии

Слагаемое реальности, соответствующее планете Земля, включает в себя косную и живую составляющие. Оно развивается эволюционно. Эволюция косной составляющей реальности предшествует развитию живой. Живая составляющая реальности развивается в пределах косной и изменяет ее. Эволюция глобального слагаемого реальности называется биогенезом. Биогенез стимулируется стремлением реальности к самоосознанию.

Сциенция и эволюция. Развитие системнологического метода применительно к биотической специфике делает его сциенто-системнологическим. Термины и приемы сциенто-системнологического, или сциологического, метода определяются областью научных сведений, называемой сциентной системнологией, или сциологией.

Сциология — это совокупность научных теоретических и прикладных сведений о биотической самоорганизации, выполняемой при кодовой рефлексии реальности посредством сциенции, которая предопределяет поведение организмов и обусловлена им. Целенаправленное поведение организма, сопровождаемое выполнением определенной функции, называется *деятельностью*.

Сциология исходит из того, что доминирующей составляющей биогенеза является сциентное развитие организмов. Процесс эволюции, т.е. генезис, сциенции предстает усложняющимися способами кодовой рефлексии, которая осуществляется посредством сциенции при преобразовании совокупностей вещественно-энергетических знаков. Кодирование является *вещественным*, если преобразование знаков обуславливается превращением в основном вещества. Кодирование считается *энергетическим*, если преобразование знаков определяется превращением прежде всего энергии.

Сциентное развитие основывается на эволюции вещественно-энергетического кодирования от более простого — вещественного — к более сложному — энергетическому. Генезис сциенции приводит к возникновению нескольких разновидностей. Высший организм по сравнению с менее развитыми обладает сложным комплексом разновидностей сциенции, т.е. имеет сложную сциентную систему.

Английский естествоиспытатель Ч. Дарвин (1809–1882), обобщив результаты собственных наблюдений и имеющиеся достижения биологии, показал особенности биотической эволюции. Движущими силами эволюции, по Дарвину, являются наследственная изменчивость и естественный отбор. Изменчивость служит основой образования новых признаков в строении и функциях организмов, а наследственность закрепляет эти

признаки. В результате борьбы за существование происходит выживание и участие в размножении наиболее приспособленных особей, т.е. естественный отбор, следствием которого является возникновение новых видов.

Сциология признает побудителем и движителем биогенеза сциенцию. Эволюция организмов совершается через наследственность, изменчивость, отбор, но с преобладающим влиянием сциенции. При этом степени раскрытия свойств живой составляющей реальности взаимно дополняются соответствующими им совокупностями разновидностей сциенции. Организмы биоты разнятся от косных формообразований сциентностью.

Сциентирование реальности сопровождается условным разделением ее на три составляющих: внешнюю, внутреннюю и искусственную. Внешняя составляющая реальности окружает биотический организм, искусственная — создается переустройством внешней, внутренняя составляющая возникает в результате сциентного взаимодействия. Безошибочность деятельности биотического организма зависит от того, насколько внутренняя составляющая реальности соответствует внешней.

Некоторые сведения о сциентности медоносных пчел

Медоносная пчела входит в состав надсемейства отряда перепончатокрылых и относится к классу насекомых [10]. Сциентная система, поддерживающая организм пчелы в биотическом состоянии, включает в себя внутриклеточные системы, эндокринную и нервную системы.

Нервная система охватывает центральный, периферический и вегетативный отделы. Центральный отдел состоит из большого надглоточного узла в голове (мозга), соединенного с подглоточным ганглием, расположенным в голове под глоткой. От подглоточного узла отходит брюшная система ганглиев. Головной мозг состоит из переднего, среднего и заднего подотделов, каждый подотдел имеет симметричное строение, т.е. его левая и правая половины одинаковы.

Периферический отдел представлен рецепторными клетками в разных органах и двигательными нервными окончаниями в мышцах, связанных с центральным отделом. Рецепторы подразделяются на экстероцепторы, преобразующие сциентные сигналы, поступающие извне, и интероцепторы, воспринимающие сигналы от клеток организма. Вегетативный отдел состоит из краниального подотдела, иннервирующего кишечник и сердце, туловищного подотдела, иннервирующего трахеи, дыхальца и половые органы, и хвостового подотдела, иннервирующего заднюю кишку и половую систему.

Сциентные сигналы поступают извне через органы зрения, слуха, обоняния, осязания, вкуса и органы равновесия, а сциентное взаимодействие пчел проявляется в их поведении и деятельности. Пчела может повысить температуру тела на несколько градусов, а все пчелы могут поднять температуру внутри гнезда до 34–35°C и поддерживать ее независимо от температуры внешней среды. Пчела, ужалив теплокровное животное, погибает, но ужаление способствует охране семьи в целом. Пчела выделяет малое количество воска, но в семье пчелы за ночь могут создать несколько тысяч восковых ячеек.

Все пчелы семьи имеют особый, характерный запах, в соответствии с которым происходит распознавание «своих». Пчелы издают специфический призывный гул, который служит сигналом сбора в определенном месте. Они запоминают место расположения летка своего улья и, возвращаясь с поля, находят свою семью. Трофический обмен в семье позволяет пчелам быстро находить в любом месте гнезда нужную пищу, распространять разные биотически активные вещества, которые регулируют физиологические процессы и поведение в семье.

Сциентное взаимодействие между маткой и пчелами осуществляется, в частности, посредством быстрораспадающегося маточного вещества. Несколько пчел слизывают его с поверхности тела матки и передают другим пчелам семьи. Прекращение подачи маточного вещества служит сигналом отсутствия матки в семье и начала закладки маточников для вывода новой матки. Матка и пчелы издают звуки сциентного акустического взаимодействия, которое определяет общее состояние семьи и направляет деятельность других пчел.

Молодая пчела, окрепшая после выхода из ячейки, выполняет следующие работы: сгрызает остатки крышечек, которыми был запечатан расплод; чистит ячейки, полирует их; при необходимости, оставаясь неподвижной на соте с расплодом, обогревает его. Эти же пчелы по мере своего взросления а) кормят старших личинок медом и пергой; б) выделяют посредством желез молочко для младших личинок; в) производят с помощью желез воск и отстраивают соты; г) разлагают посредством пищеварительных ферментов белки и жиры пыльцевых зерен; д) принимают нектар от пчел-сборщиц, разносят его по ячейкам, запечатывают их восковыми крышечками; е) утрамбовывают в ячейках пыльцу, сброшенную туда пчелами-сборщицами; ж) охраняют леток; з) поддерживают чистоту, составляют свиту матки и закладывают маточники.

Пчелы, выполняющие работы вне улья, подразделяются на разведчиц, нектаросборщиц, пыльцесборщиц и пыленектаросборщиц. В сборе нектара участвуют разведчицы, сборщицы и приемщицы. Пчелы-разведчицы ищут новые источники взятка. Их привлекают запахи, ярко окрашенные предметы и гул других пчел. Разведчицы, обнаружив новый источник и набрав нектар, возвращаются и выполняют соответствующие танцы, мобилизующие нектаросборщиц на сбор найденного. Пчелы совершают на сотах два вида танцев: круговой и виляющий. В танце посредством сигнальных движений пчелы сообщают направление и удаленность источника взятка. Также посредством сигнальных движений сообщается сборщицам, сколько вносить в улей нектара, иначе при температуре гнезда необработанный жидкий нектар может забродить.

Сциенция, научное знание и умения человека. Эволюция биоты привела к возникновению антропной сциенции, которая использует самые успешные способы вещественно-энергетического кодирования. Человек владеет высшими разновидностями сциенции, в том числе знанием. **Знание** в сциологии — это отображающее субстанцию слагаемое высших отделов головного мозга, которое организует деятельность человека посредством кодовой рефлексии, осуществляемой преобразованием совокупностей вещественно-энергетических знаков при их создании, передаче, хранении, воспроизведении, восприятии для осознания реальности и ее переустройства.

Знание человека разделяется на научное и иное. Научное знание, которое академик В. И. Вернадский называл научной мыслью, подразделяется на теоретическое и прикладное. Теоретическое знание способствует возникновению прикладного, на их базе формируется практическое знание. Практическое знание выражается умениями.

Эффективность (изначальное самодействие) антропного знания заключается в его способности к материализации. Научное теоретико-прикладное и практическое знания человека находят воплощение в деятельности и производимых вследствие деятельности устройств.

Пример воплощения знаний в техническом устройстве. Воплощение некоторых теоретических знаний в техническом устройстве рассмотрим на примере газоанализатора озона. Он используется для мониторинга атмосферного воздуха. Принцип действия анализатора основан на явлении хемилюминесценции. В частности, реакция озона с этиленом сопровождается образованием возбужденной молекулы (*): $O_3 + C_2H_4 \rightarrow CO_2 + CHON^*$, которая переходит в нормальное состояние с излучением фотона $CHON^* \rightarrow CHON + h\nu$, где h — постоянная Планка; ν — частота. Детектирование фотонного излучения позволяет определить концентрацию озона в анализируемой пробе воздуха.

Основное теоретическое знание, воплощенное в хемилюминесцентном газоанализаторе озона, — это закон распределения энергии в спектре абсолютно черного тела. Процесс хемилюминесценции стал предметом исследования после открытия фосфора алхимиком Х. Брандом в 1669 г. М. Планк выдвинул в 1900 г. гипотезу о том, что электромагнитное излучение испускается порциями — квантами, энергия которых пропорциональна частоте излучения. Эта гипотеза послужила началом квантовой теории.

Резюме

Системнологический и сциологический методы, мировоззренческие основы, понятия, термины, приемы и приложения которых представлены в главе, соединяются в сциосистемнологическом подходе к исследованию когнитивных, в том числе техногенных, систем, отображающих то, что существует, и то, что осознается и может получать техническое воплощение.

Вопросы и задания для самопроверки

1. Что представляет собой метод познания?
2. Чем известен академик В. И. Вернадский? На каких принципах базируется его мировоззрение?
3. Какое содержание имеют мировоззренческие положения, способствующие раскрытию системнологического метода?
4. Чем является системнология как область науки, предопределившая один из методов системного исследования?
5. Какое определение имеет понятие системы в системнологии?
6. Какое определение имеет в системнологии термин «компонент»?
7. Какое определение в системнологии имеет термин «внешняя среда»?
8. Что такое в системнологии отношения, взаимодействие и наследование?
9. Какое определение имеет понятие процесса в системнологии?
10. В чем разница между консервативными и неконсервативными процессами?
11. Как соотносятся в системнологии процесс и событие?
12. Какое определение в системнологии имеет термин «эффект взаимодействия»?
13. Как называется взаимодействие в системе, создающее предпосылки для неисполнения компонентом своей функции?
14. В чем разница между детерминированными и стохастическими событиями? Что такое происшествие?
15. Из каких компонентов складывается атмосфера Земли при ее системнологическом представлении, учитывающем расслоение по вертикали?

16. Какие приемы системнологического метода относятся к основным?
17. Что позволяет выявить и как проводится прием системнологического метода, называемый декомпозицией?
18. Какие компоненты можно обнаружить в гидросфере Земли при ее системнологической декомпозиции?
19. Какое определение имеет в системнологии понятие вещества?
20. Какое определение в системнологии имеет термин «энергия»?
21. Какое определение в системнологии имеет понятие сциенции?
22. В чем разница между сциенцией и информацией?
23. Какие компоненты входят в состав внешней среды биотической системы (на примере системнологического описания муравьиной семьи)?
24. Что представляет собой сциология как область науки?
25. Чем является в сциологии знание?
26. В чем заключается эффективность антропоного знания?
27. Какой закон получил воплощение в хемилюминесцентном газоанализаторе озона?

Ситуационная задача. Изучив пример декомпозиции гидросферы Земли, сделайте следующий вывод: к какому компоненту представленной системы относится земная кора?

Литература к главе 1

1. *Антонов, А. В.* Системный анализ / А. В. Антонов. — М.: Высшая школа, 2004.
2. *Бергаланфи, Л.* История и статус общей теории систем / Л. Бергаланфи // Системные исследования. — М.: Наука, 1973.
3. *Блауберг, И. В.* Системный подход в современной науке / И. В. Блауберг, В. Н. Садовский, Э. Г. Юдин // Проблемы методологии системных исследований. — М.: Мысль, 1970. — С. 7–48.
4. *Богданов, А. А.* Тектология (Всеобщая организационная наука): в 2 кн. Кн. 1 / А. А. Богданов. — М.: Экономика, 1989.
5. *Вернадский, В. И.* Научная мысль как планетное явление / В. И. Вернадский. — М.: Наука, 1991.
6. *Винер, Н.* Кибернетика, или Управление и связь в животном и машине / Н. Винер. — М.: Наука, 1983.
7. *Клир, Д.* Системология. Автоматизация решения системных задач / Д. Клир. — М.: Радио и связь, 1990.
8. *Леонтович, М. А.* Введение в термодинамику. Статистическая физика: учеб. пособие для вузов / М. А. Леонтович. — М.: Наука, 1963.
9. *Линней, К.* Философия ботаники / К. Линней. — М.: Наука, 1989.
10. *Матвеев, Л. Т.* Курс общей метеорологии. Физика атмосферы / Л. Т. Матвеев. — Л.: Гидрометеоиздат, 1984.
11. *Мелик-Гайказян, И. В.* Методология моделирования нелинейной динамики сложных систем / И. В. Мелик-Гайказян, М. В. Мелик-Гайказян, В. Ф. Тарасенко. — М.: Физматлит, 2001.
12. *Михайлов, В. Н.* Гидрогеология: учебник для вузов / В. Н. Михайлов, А. Д. Добровольский, С. А. Добролюбов. — М.: Высшая школа, 2007.
13. *Перлз, Ф.* Гештальт-подход. Свидетель терапии: пер. с англ. / Ф. Перлз. — М.: Психотерапия, 2007.
14. *Тейяр де Шарден, П.* Феномен человека / П. Тейяр де Шарден. — М.: Наука, 1987.
15. *Философский словарь* / под ред. И. Т. Фролова. — 7-е изд., перераб. и доп. — М.: Республика, 2001.