

**БАЗЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ: ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ И
ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ**

© 1999 Г.С. Розенберг, Д.П. Дунин

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

Рассмотрены концепции современной экологии, которые предлагается использовать при создании базы экологических знаний. Обсуждаются некоторые предварительные результаты по использованию базы знаний для описания процессов в водохранилищах.

Введение

Когда задают вопрос: «Если бы В.Шекспир не написал “Гамлета”, а П.И.Чайковский - “Лебединое озеро”, смог бы это сделать кто-нибудь другой?», обычно отвечают: «Конечно нет». А вот на вопрос: «Если бы Д.И.Менделеев не открыл периодический закон, а А.Эйнштейн - теорию относительности, смогли бы другие ученые сделать эти открытия?», чаще всего следует ответ, что да, смогли бы [1]. Одна из причин (подчеркнем - *одна из...*) заключается в том, что нет методов, с помощью которых можно было бы создавать *великие* произведения искусства, и существуют методы научного познания, позволяющие открывать закономерности в природе. Таким образом, «...когда имеется алгоритм генерации решения либо аналог, по которому ЭВМ может определить ситуацию как сходную с имеющейся в ее памяти, - ЭВМ может сгенерировать решение, аналогичное тому, которое принимается по сходной ситуации» [2, с. 53].

1. Система концепций современной экологии

Создание базы знаний (Knowledge Base) по экологии может опираться, например, на имитационно-лингвистическое моделирование [3] и на представленную в таблице систему концепций современной экологии [4].

2. Особенности построения экологических баз знаний

В настоящее время в прикладной и фундаментальной науке, а также в народном хозяйстве, находят применение информационные технологии. Это в первую очередь связано с большим распространением персональных ЭВМ. В понятие “информационных технологий” в широком смысле слова вкладываются представления о любых программных комплексах, с помощью которых обрабатываются какие либо данные. Так, например, широкое распространение получило применение программ по бухгалтерскому учету. Однако особо можно выделить та-

Таблица. Концепции, принципы и законы современной экологии

Подразделы экологии	Концепции, принципы, законы
1	2
Факториальная экология	<p>КОНЦЕПЦИЯ СОВОКУПНОГО ДЕЙСТВИЯ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ Митчерлиха-Тинемана-Бауле - биомасса (фитомасса, урожай) зависит не только от какого-либо одного лимитирующего фактора, но и от всей совокупности действующих факторов одновременно.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Принцип лимитирующих факторов Либиха-Шелфорда ◆ Закон минимума Либиха

1	2
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Закон толерантности Шелфорда ◆ Закон критических величин фактора ◆ Постулат воздействия факторов Тишлера
Взаимодействие популяций	<p>КОНЦЕПЦИЯ (ТЕОРИЯ) ЕСТЕСТВЕННОГО ОТБОРА Дарвина - естественный отбор, обусловленный влиянием на организмы факторов окружающей среды, является движущим фактором эволюции. Биологическая разнокачественность особей в популяции и ограниченность ресурсов жизнеобеспечения служат предпосылкой борьбы за существование, в ходе которой реализуется естественный отбор.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Принцип экспоненциального роста численности популяции в благоприятной и неограниченной стационарной среде
Демэкология (структура)	<p>КОНЦЕПЦИЯ МИНИМАЛЬНОГО РАЗМЕРА ПОПУЛЯЦИИ - состоит в том, что каждому виду свойственен специфический для него минимальный размер популяции, нарушение которого ставит под угрозу существование популяции, а иногда и вида в целом.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Принцип агрегации особей Олли ◆ Закон максимизации размера целостной стаи Флейшмана
Демэкология (динамика)	<p>КОНЦЕПЦИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПОПУЛЯЦИЙ - способность популяций противостоять возмущающим воздействиям факторов среды.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Принцип внезапного усиления патогенности ◆ Принцип конкурентного исключения Гаузе ◆ Принцип сосуществования («парадокс Хатчинсона») ◆ Законы конкуренции Лотки-Вольтерра ◆ Законы системы «хищник – жертва» Вольтерра ◆ Фундаментальная теорема естественного отбора Фишера
Экологические ниши	<p>КОНЦЕПЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НИШИ - совокупность характеристик, показывающих положение вида в экосистеме; наиболее важная для теории экологии концепция.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Принцип «плотной упаковки» экологических ниш Мак-Артура ◆ Закон максимума плотности упаковки видов сообщества в данной среде
Экологическое разнообразие	<p>КОНЦЕПЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ - сообщества различаются по числу и "значимости" входящих в них видов.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Биоценотические принципы Тинемана ◆ Законы разнообразия Жаккара ◆ Постулаты видовой обеднения
Экология сообществ (синэкология)	<p>КОНЦЕПЦИЯ ЭКОСИСТЕМЫ. Экосистема - биосистема, которая включает все совместно функционирующие организмы (биоценоз) на данном участке территории и которая взаимодействует с физической средой так, что поток энергии создает достаточно четкие биоотические структуры с круговоротом веществ между живой и неживой частями.</p>

1	2
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Принцип экологической корреляции ◆ Принцип единства организм-среда (основной биологический закон) Рулье-Сеченова ◆ Закон оптимальной компонентной долполнительности
<p>Структура сообществ (общие закономерности, континуум)</p>	<p>КОНЦЕПЦИЯ КОНТИНУУМА - отражение одного из коренных свойств экосистем, позволяющее рассматривать их как непрерывную мозаику популяционных распределений, связанных условиями среды.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Методы (законы) ординации ◆ Методы (законы) классификации ◆ Закон гомологических рядов сообществ ◆ Методы (законы) координации ◆ Постулат относительной независимости адаптации ◆ Постулат объединения видов по жизненным формам ◆ Аксиома адаптированности Дарвина
<p>Структура сообществ (частные, пространственные закономерности)</p>	<p>КОНЦЕПЦИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ЗОНАЛЬНОСТИ Григорьева-Будыко - со сменой физико-географических поясов аналогичные ландшафтные зоны и их некоторые общие свойства периодически повторяются.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Принцип природной зональности Гумбольдта-Докучаева ◆ Принципы «мозаичности возобновления» лесных сообществ (GAP-парадигма) Уатта ◆ Закон вертикальной зональности
<p>Динамика сообществ (сукцессии, климакс)</p>	<p>КОНЦЕПЦИЯ КЛИМАКСА - признание возможности существования устойчивых и равновесных по отношению к внешней среде экосистем. Климакс – это результат автогенных и аллогенных сукцессий, не абсолютно устойчивое состояние, а фаза относительно медленного развития.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Принцип сукцессионного замещения ◆ Закон системогенетический ◆ Закон сукцессионного замедления ◆ Законы Дансеро ◆ Постулат «нулевого» максимума Маргалефа
<p>Динамика сообществ (эволюция)</p>	<p>КОНЦЕПЦИЯ СЕТЧАТОЙ ЭВОЛЮЦИИ СООБЩЕСТВ Уиттекера - представление об эволюции, как сеткообразном процессе, когда распределения видов вдоль градиента эволюционного времени также независимы и индивидуальны, как и распределения видов вдоль экологических или пространственных градиентов. В этом случае коэволюционировать могут только виды разных трофических уровней (хозяин-паразит, хищник-жертва). Эволюция может быть не только природной (тысяча и более лет), но и антропогенной (сотни и даже десятки лет - создание агроэкосистем, синантропизация и урбанизация экосистем).</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Принцип эволюционно-экологической необратимости ◆ Аксиома необратимости эволюции Дарвина-Долло

1	2
Экология биосферы (энергетика, продуктивность)	<p>КОНЦЕПЦИЯ БИОСФЕРЫ Вернадского - представление о самой крупной экосистеме как взаимосвязанном единстве живого, биогенного, биокосного и косного веществ. Самая существенная особенность биосферы - биогенная миграция атомов химических элементов.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Принцип максимизации энергии Лотки—Одум—Пинкертона ◆ Принцип Ле Шаталье—Брауна ◆ Принцип неравновесной динамики Пригожина—Онсагера ◆ Система (принцип) биомов ◆ Биогеохимические принципы Вернадского ◆ Закон пирамиды чисел Элтона ◆ Закон пирамиды биомасс ◆ Закон пирамиды продуктивности Станчинского—Линдемана ◆ Закон торможения развития ◆ Аксиома экологической аккумуляции энергии ◆ Аксиома биогенной миграции атомов Вернадского ◆ Постулат максимума биогенной энергии Вернадского—Бауэра

кие системы. которые анализируя исходные данные, помогают человеку принять правильное решение. Такие системы так и называются - “экспертные системы”.

“Под экспертной системой понимается система, объединяющая возможности компьютера со знаниями и опытом эксперта в такой форме, что система может предложить *разумный совет* или осуществить *разумное решение* поставленной задачи” (выделено автором цитаты; [5; с. 9]). В самом общем виде любая экспертная система должна состоять из базы знаний (БЗ), базы данных предметной области (БД), программы “решателя проблем” (ПП), области запросов (ОЗ) и еще ряда специфических обслуживающих программ.

На данный момент не существует единого и точного определения ЭС. Однако все специалисты сходятся во мнении что экспертная система может быть работоспособной только при наличии базы знаний и базы данных.

Понятие БД имеет более раннее происхождение и поэтому более устоялось. *База данных* - именованная совокупность данных, отражающая состояние объектов и их

отношений в рассматриваемой предметной области. БД, согласно определению Государственного комитета СССР по стандартам, - это “...идентифицируемая совокупность взаимосвязанных данных, предназначенных для многоцелевого использования” (ГОСТ 14.413-80). Чаще всего для рядового пользователя БД представляет из себя набор взаимосвязанных таблиц.

Однако до сих пор не сложилось четко-го определения понятия “база знаний”: практически что такое БЗ никто не знает. Существуют два основных представления. В первом случае, БЗ имеет вид пакета знаний, своего рода библиотеки в электронном виде; во втором, - БЗ представляется как интегрированная система принятия решения на основе имеющихся знаний. Таким образом понятие базы знаний тесно переплетается с понятием экспертной системы. Нам представляется что смешивание этих двух понятий не правомочно - БЗ “сама по себе” не может принимать какие либо решения; БЗ - это одна из составляющих частей ЭС.

Что бы понять, что же такое БЗ, необходимо представлять себе, что она может содержать. Содержание БЗ классифицируют по

разным признакам. Различают алгоритмические и неалгоритмические знания:

Алгоритмические (или процедурные) **знания** - это алгоритмы (программы, процедуры, ПРП), вычисляющие функции, решающие точно определенные конкретные задачи. Базой алгоритмических знаний можно считать любое собрание (библиотеку) программ

Неалгоритмические знания охарактеризовать гораздо труднее, чем алгоритмические. Они состоят, прежде всего, из мысленных объектов, называемых понятиями, и имеющими определенное имя, и из связи между понятиями или утверждениях об их свойстве. Однако, знания, воплощенные в понятия, не сводятся только к моделям в предметной области. Математические знания, состоящие из математических понятий, связей между ними и утверждений о них, составляют значительную часть практически любой БЗ.

Во многих экспертных системах содержимое базы знаний разделяют на “факты” и “правила”, причем, факты играют роль элементарных “частиц знания”, а правила служат для выражения их связей. Таким образом, приходим к следующей классификации знаний:

1. понятия,
2. факты,
3. правила,
4. алгоритмы (ПРП).

Для создания экологической БЗ вполне можно воспользоваться представленной выше системой концепций современной экологии. Некоторые из представленных в таблице законов экологии формализованы (например, модели Лотки-Вольтерра), большинство носят вербальный характер. Для их описания в некоторой единой форме можно воспользоваться моделями потенциальной эффективности (МПЭ) сложных систем [6,7]. При этом общая схема формализации выглядит следующим образом.

Взаимодействие системы **A** со средой **B** можно представить как серию обменов некоторого количества расходуемых ресурсов **U** на некоторое количество потребляемых ресурсов **V**; Б.С.Флейшман такой обмен на-

зывает **(U;V)**-обменом (примером может служить увеличение фитомассы растительного сообщества **V** при внесении минеральных удобрений **U**). Таким образом, система **A** характеризуется параметрами **U** и **V** и ее целью **A₀** можно считать наиболее выгодный **(U;V)**-обмен, т.е. система стремится получить больше, отдавая при этом меньше (для каждого фиксированного **U** система путем изменения своей структуры и поведения стремится максимизировать **V**). При стохастическом подходе к моделированию сложных систем (тот факт, что для экосистем стохастическая составляющая структуры и поведения играет большую и важную роль, сейчас ни у кого не вызывает сомнений, см., например, [8]) целесообразно говорить о некоторой вероятности **P(U;V)** достижения системой **A** своей цели **A₀**.

Замечательным фактом теории потенциальной эффективности сложных систем при их стохастическом описании является возможность выражения этой теории в единой форме МПЭ через вероятность **P(U;V)**: при достаточно больших значениях **U** и соответствующих им больших значениях **V** вероятность выгодного **(U;V)**-обмена имеет следующее асимптотическое поведение:

$$P(U;V) \rightarrow 0, \text{ при } V > V_0,$$

$$P(U;V) \rightarrow 1, \text{ при } V < V_0,$$

где **V₀** - количество ресурса, получаемого оптимальной по данному качеству системой **A₀**. Таким образом, системе не выгодно получение величины ресурса **V > V₀** (жадность до добра не доведет). Общее асимптотическое поведение вероятности **P(U;V)** обосновывается глубокой математической закономерностью, лежащей в основе поведения всех стохастических МПЭ сложных систем, - вероятностями больших отклонений (строгое доказательство приводится Б.С.Флейшманом [6; с.202-210]). Отметим также, что некоторые примеры построения МПЭ фитоценологических систем обсуждались ранее [9; с. 226-233].

Вероятностное описание экологической БЗ диктует и аналогичное использование вероятностного подхода для создания ПРП. Фактически, ПРП будет представлять в этом

случае вероятностную матрицу “вопрос - ответ”, а основным способом вычисления вероятности той или иной ситуации будет классическая теорема Байеса (правда, ограничением этого метода вычислений является предположение о независимости друг от друга всех событий). Матрица “вопрос - ответ” может быть получена либо экспертным путем, либо самообучением системы с использованием БД (одними из возможных вариантов такого самообучения могут быть процедура эволюционного моделирования [10], компьютерная теория артефактов [11,12] или имитационно-лингвистическое моделирование [3]).

Говоря об экологической базе знаний мы имеем в виду в первую очередь ее содержание. Задачи, которые приходится решать в рамках региональных экологических проблем (в самом общем плане), могут быть условно отнесены к одному из следующих направлений:

1. охрана природы,
2. рациональное природопользование,
3. экологическая экспертиза.

В зависимости от этих конкретных задач и происходит наполнение БЗ. При этом, следует отметить следующие:

1. не смотря на то, что все в природе происходит по каким то определенным законам, нам они порой досконально не известны и потому построить точную модель какого либо процесса часто бывает не возможно; таким образом, в состав БЗ будет входить относительно мало таких знаний, как алгоритмы.

2. основу экологической БЗ составляют понятия (причем, в достаточно большом числе);

3. самым большим звеном экологической БЗ являются правила; кроме чисто математических сюда будут входить именно экологические принципы и законы (см. таблицу).

3. “Игрушечный” пример

Иллюстрацией вышеизложенных положений может служить очень простая ЭС. Пусть создаваемое искусственное сообщество содержит виды четырех типов стратегий (**C**, **S**, **R**, **A**), которые соответствуют представлениям о разных типах эколого-ценотичес-

ких стратегий *концепции устойчивости популяций* (см. таблицу). Здесь **C** - виды-конкуренты (виоленты, “силовики”, “львы”), **S** - виды стресс-толеранты (пациенты, “выносливцы”, “верблюды”), **R** - виды-рудералы (эксплеренты, сорные, “шакалы”) и **A** - виды-абортанты (обреченные виды, пополняющие разного рода “Красные книги”) [13, с. 64-65; 14]. Представления о разных типах эколого-ценотических стратегий видов в экологии растений играют роль неалгоритмизированной БЗ. И пусть это сообщество будет характеризоваться вектором соотношения видов этих типов стратегий $X = \{X_C, X_S, X_R, X_A\}$. Тогда это искусственное сообщество в момент времени $t + 1$ будет характеризоваться вектором X в момент времени t и матрицей B вероятностей “перехода” видов из одного типа стратегии в другой за единицу времени (марковская цепь, [15, с.121]; эти представления играют роль ПРП):

$$X(t + 1) = B * X(t) .$$

Следовательно, анализ этой модели (ЭС) сведется к анализу собственного значения и соответствующего ему собственного вектора матрицы B . Усложнение модели (придание ей более “реалистического” вида) может идти за счет учета влияния факторов среды (зависимость вероятностей матрицы B от них; см. в таблице *концепция совокупного действия природных факторов*), учета сезонной и многогодичной динамики (*концепция климатса*) и пр. Но и в данном упрощенном варианте можно продемонстрировать некоторые особенности создания экологической ЭС.

Пусть на основе некоторой БД (или по мнению экспертов) матрица B вероятностей переходов от одного типа стратегии к другому имеет следующий вид:

$$B = \begin{array}{c|cccc} & C & S & R & A \\ \hline C & 0,5 & 0,2 & 0,2 & 0,1 \\ S & 0,3 & 0,5 & 0,1 & 0,1 \\ R & 0,2 & 0,1 & 0,5 & 0,2 \\ A & 0 & 0,2 & 0,2 & 0,6 \end{array}$$

В целом, данные вероятности переходов выглядят достаточно правдоподобно, хотя в каждом конкретном случае эти вероятности, естественно, будут иными.

Пусть исследователь через ОЗ (область

запросов) будет интересоваться возможностью создания, например, искусственной травосмеси с 100% участием виолентов (С) и, следовательно, обладающую максимальной продуктивностью, т.е. $X(t=1) = \{100, 0, 0, 0\}$. Однако, уже через четыре года соотношение видов с разными типами стратегий (косвенно, и с меньшей продуктивностью) станет следующим:

$$X(t=5) = \{27, 28, 24, 21\},$$

т.е. пятая часть видов будет находиться на грани исчезновения, а более половины снизят свою продуктивность. Подобный вывод далеко не так тривиален без предварительного анализа этого “игрушечного” примера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фукс В. По всем правилам искусства // Искусство и ЭВМ. - М.: Мир, 1975. С. 75-86.
2. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений. - М.: СИНТЕГ, 1998. - 376 с.
3. Полищук Ю.М. Имитационно-лингвистическое моделирование систем с природными компонентами. - Новосибирск: Наука, 1992. - 186 с.
4. Розенберг Г.С. К построению системы концепций современной экологии // Журн.общ.биол. 1991. Т. 52. № 3. С. 422-440.
5. Нейлор К. Как построить свою экспертную систему. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 286 с.
6. Флейшман Б.С. Элементы теории потенциальной эффективности сложных систем. - М.: Сов.радио, 1971. - 224 с.
7. Флейшман Б.С. Основы системологии. - М.: Радио и связь, 1982. - 368 с.
8. Розенберг Г.С., Смелянский И.Э. Экологический маятник (смена парадигм в экологии) // Журн.общ.биол. 1997. Т.58. № 4. С. 5-19.
9. Розенберг Г.С. Модели в фитоценологии. - М.: Наука, 1984. - 240 с.
10. Фогель Л., Оуэнс А., Уолли М. Искусственный интеллект и эволюционное моделирование. - М.: Мир., 1969. - 230 с.
11. Виттих В.А. Интеграция знаний на основе компьютерных теорий артефактов. Препринт N 1 Сам.фил. Ин-та машиноведения РАН. - Самара: Сам.фил. ИН-МАШ РАН, 1995. - 16 с.
12. Vittich V.A. Engineering theories as a basis for integrating deep engineering knowledge // Artificial Intelligence in Engineering. 1997. V.11. №.1. P. 25-30.
13. Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Наука о растительности (история и современное состояние основных концепций). - Уфа: Гилем, 1999. - 413 с.
14. Федоров В.Д. Заметки о парадигме вообще и об экологической парадигме в частности // Вестн.МГУ. 1977. № 3. С. 8-22.
15. Розенберг Г.С., Мозговой Д.П. Узловые вопросы современной экологии. - Тольятти: ИЭВБ РАН, 1992. - 140 с.

ECOLOGICAL KNOWLEDGE BASES: TECHNOLOGY FOR DEVELOPMENT AND PRELIMINARY RESULTS

© 1999 G.S. Rozenberg, D.P. Dunin

Institute of Ecology of the Volga River Basin of Russian Academy of Sciences, Togliatti

This paper considers the modern ecology concepts, which are offered to be used for development of ecological knowledge bases. The discussion of particular preliminary results, which were obtained while using the knowledge base for process description in reservoirs, is also presented.

КОМПЛЕКСЫ ЖУЖЕЛИЦ (COLEOPTERA, CARABIDAE) СКЛОНОВЫХ МЕСТООБИТАНИЙ СЕВЕРО-ВОСТОКА САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

© 1999 О.В. Леонтьева, С.А. Кривопалова

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г.Тольятти

В течение трех полевых сезонов (1996-1998 гг.) изучались комплексы жуужелиц склоновых местообитаний (степных, луговых, лесных и околородных биотопов) на геоморфологическом профиле между р. Тергала и ее левым притоком (Самарская обл., Похвистневский р-н, окр. с.Исаково). Карабидо-комплексы характеризуются по видовому составу, структуре доминирования, общности видового состава и индексам разнообразия.

Геолого-морфологическая неоднородность территории Высокого Заволжья, вызванная высотными различиями между долинами рек и вершинами сыртов, наложила глубокий отпечаток на характер растительного покрова, которому свойственна полосчатость в распределении растительных сообществ по склонам.

Закономерные изменения растительного покрова на склонах получили названия поясной комплексности [1,2], или склоновой микрозональности [3,4,5]. Поясные комплексы образуют экологические ряды, представляющие собой узкие полосы растительности, сменяющие друг друга в пространстве в зависимости от положения на склоне и его экспозиции, которыми, в свою очередь, определяются режимы увлажнения, инсоляции и т. д [2].

Для склонов характерна комплексность не только растительного покрова, но и животного населения, которая принимает в этих условиях характер микропоясности, то есть определенной высоты со свойственными ей почвенно-грунтовыми условиями, микроклиматом и растительностью присущ и отличающийся в каждом микропоясе животный мир [6]. Необходимость изучения животных, тесно связанных в своем распространении с почвой и типом растительности (к которым относятся и жуужелицы), в системе связанных геоморфологических, гидротермических и др. природных градиентов обоснована в работах И.В.Стебаева [7] и В.Г.Мордковича (с соавторами) [8,9,10]. Анализу пространственного распределения жуужелиц в непрерывном

геоморфологическом градиенте условий посвящен ряд работ [11,12,13,14], однако, на территории Высокого Заволжья подобных исследований не проводилось. Это и определило тему настоящего исследования.

Целью работы было выявление особенностей пространственной структуры населения жуужелиц в условиях склоновой микрозональности на северо-востоке Самарской области.

В связи с этим решались следующие задачи:

1. Изучить видовой состав, структуру доминирования карабидокомплексов и пространственную структуру их распределения по склонам.
2. Выявить особенности существования комплексов жуужелиц на склонах.

1. Материал и методика

Сбор материала для настоящей работы осуществлялся на протяжении трех полевых сезонов 1996-98 гг. (с мая по сентябрь включительно) на водоразделе и прилегающих склонах между р. Тергала и ее левым притоком (Самарская обл., Похвистневский р-н, окрестности с.Исаково), где выделялись типичные участки растительности, в пределах которых устанавливались почвенные ловушки Барбера (стеклянные полулитровые банки, заполненные наполовину 2-4% раствором формалина в воде) по 5 ловушек в линию (расстояние между ловушками 10 м). Отступление от общепринятой методики, когда в линию устанавливается 10 ловушек, вызвано неоднородностью почвенно-раститель-

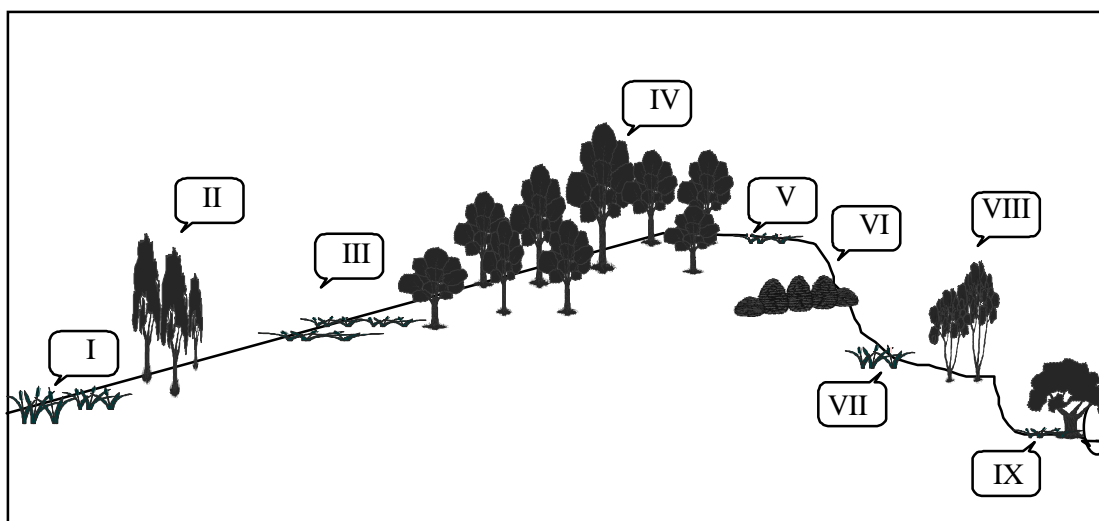


Рис. Схема ландшафтно-геоморфологического профиля между р.Тергала и ее притоком (Самарская область, Похвистневский р-н). Римскими цифрами отмечены растительные сообщества, слагающие фитоценотический комплекс водораздела и прилежащих склонов

ных условий и малой протяженностью биотопов в условиях склоновой микроразнообразности. Проверка ловушек и учет материала проводились подекадно. Всего было отработано около 20 тыс. ловушко-суток, собрано около 15 тыс. имаго жужелиц.

Метод почвенных ловушек позволяет получать данные о динамической плотности жуков, которая складывается из истинной плотности жужелиц на данной территории, а также их активности. Статистически обрабатывались только материалы по имаго жужелиц, поскольку метод почвенных ловушек не отражает истинной численности почвообитающих личинок.

2. Характеристика места исследований

Исследования проводились на территории Исаковского государственного комплексного биологического заказника.

По ландшафтно-географическому районированию эта территория относится к лесостепи Высокого Заволжья, которая характеризуется сложным волнисто-увалистым и холмисто-увалистым древнеэрозионным рельефом [15].

Почвенный покров представлен в основном выщелоченными и типичными черноземами, главным образом, тяжелого механического состава. Близкое к поверхности

залегание плотных меловых пород обусловило широкое распространение остаточно-карбонатных каменисто-щебневатых маломощных почв [16].

В масштабе геоботанического деления изучаемый район располагается в лесостепной растительной зоне и относится к наиболее облесенной части Левобережья [17]. В целом, леса встречаются почти на всех водоразделах в виде небольших массивов, отдельных колков, приовражных лесных урочищ, а также в поймах рек. Открытые биотопы представлены участками естественной растительности степного и лугового типов, а также агроценозами. Изучение комплексов жужелиц агроценозов в задачи исследования не входило.

Схема ландшафтно-геоморфологического профиля, на котором изучали комплексы жужелиц, приведена на рисунке.

Характеристика растительных сообществ, слагающих фитоценотический комплекс водораздела и прилежащих склонов:

I - сырой луг, примыкающий к берегу притока р.Тергала Господствующая растительность - осоки (*Carex* spp.), лихостов луговой (*Alopecurus pratensis*), костер безостый (*Bromus inermis*), девясил высокий (*Inula helenium*), синюха голубая (*Polemonium coeruleum*), череда трехраздельная (*Bidens tripartita*), крапива двудомная (*Urtica dioica*) и

др. Изредка встречается подрост осины (до 1,5 м высотой). Весной, в паводок частично подвергается затоплению, в дождливые годы заболачивается.

II - осинник. В древостое почти исключительно осины (*Populus tremula*), густой подлесок из лещины (*Corilus avellana*) и бересклета (*Euonymus verrucosa*), травянистый покров сильно разрежен вследствие сильного затенения и представлен в основном снытью (*Aegopodium podagraria*), ландышем (*Convallaria majalis*), а в понижениях микрорельефа и по берегам лесных ручьев - хвощем приречным (*Equisetum fluviatile*).

III - участок луговой растительности, расположен вдоль по склону в небольшом понижении. Господствующая растительность - злаки (*Graminae*), осоки (*Carex* spp.), лютик едкий (*Ranunculus acris*), герань луговая (*Geranium pratense*), шпажник черепитчатый (*Gladiolus imbricatus*), валериана лекарственная (*Valeriana officinalis*) и др. Весной, в период снеготаяния сильно увлажняется стекающими из леса вешними водами, в дождливые годы центральная часть остается влажной в течение всего сезона.

IV - широколиственный лес, занимает верхнюю часть северо-восточного склона и водораздел. В древостое липы (*Tilia cordata*), клены (*Acer platanoides*), дубы (*Quercus robur*); развит подлесок (*Corilus avellana* + *Euonymus verrucosa*); в травянистом покрове преобладают ландыш (*Convallaria majalis*), сныть (*Aegopodium podagraria*), осока (*Carex* sp.), звездчатка (*Stellaria holostea*).

V - опушка леса, расположена на границе водораздела и крутого склона. Растительность ксерофитная: злаки (*Graminae*), клубника (*Fragaria viridis*), истод (*Polygala hybrida*), спаржа (*Asparagus officinalis*), василек русский (*Centaurea ruthenica*), тимьян (*Thymus marschallianus*).

VI - кустарниковая степь, занимает верхний крутой участок юго-западного склона. Кустарниковая растительность представлена бобовником (*Amygdalus nana*), вишней степной (*Cerasus fruticosa*), караганой (*Caragana frutex*). Травянистая растительность между группами кустарников: ковыль (*Stipa* sp.), ас-

тра альпийская (*Aster alpinus*), истод (*Polygala hybrida*), глобулярия (*Globularia punctata*), скабиоза (*Scabiosa isetensis*) и др.

VII - луговая степь, располагается на участке с малым уклоном. Характеризуется богато-разнотравной растительностью: таволга (*Filipendula vulgaris*), васильки (*Centaurea* spp.), кровохлебка (*Sanguisorba officinalis*), клевер горный (*Trifolium montanum*), шалфей (*Salvia stepposa*), козелец (*Scorzonera hispanica*), девясил шершавый (*Inula hirta*), изредка - ковыль (*Stipa* sp.).

VIII - березняк - небольшой разреженный колок, расположенный на краю террасы. Подлесок отсутствует, травянистый покров остепненный - злаки (*Graminae*), клубника (*Fragaria viridis*), адонис (*Adonis vernalis*), душица (*Origanum vulgare*), зопник (*Phlomis tuberosa*) и др.

IX - ольхово-крапивно-снытьевое сообщество - вдоль левого берега р. Тергала отдельно стоящие деревья ольхи (*Alnus glutinosa*), открытые участки поросли крапивой (*Urtica dioica*) и, местами, снытью (*Aegopodium podagraria*).

3. Распределение видов жужелиц по склоновым местообитаниям

За время исследований в обследованных биотопах было выявлено 94 вида, относящихся к 31 роду, что составляет более 2/3 известной карабидофауны Исаковского госзаказника (130 видов из 40 родов)[18]. Список видов жужелиц склоновых местообитаний с указанием распределения по изученным биотопам приведен в Таблице 1.

В целом, фауна жужелиц носит лесостепной характер [19], отличаясь как присутствием типичных лесостепных видов, так и обитателей лесной (*Carabus schoenherri*, *Pterostichus uralensis krasnobaevi*, *Amara brunnea*) и степной (*Amara taurica*, *Harpalus anxius*, *H. subcylindricus*) зон.

Каждый биотоп обладают характерным карабидокомплексом, значительно отличающимся по видовому составу как от соседних местообитаний, так и от сходных (по растительному покрову, по степени увлажнения).

Таблица 1. Распределение видов жукелиц по склоновым местообитаниям

Список видов	Распределение видов по биотопам								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Cicindela campestris</i> L.							+		
<i>C. germanica</i> L.			+						
<i>Leistus ferrugineus</i> (L.)			+						
<i>Notiophilus germinyi</i> Fauv.			+				+		
<i>Calosoma sycophanta</i> (L.)				+	+		+	+	
<i>C. inquisitor</i> (L.)		+							
<i>C. investigator</i> (Ill.)			+						
<i>Carabus arvensis</i> Hbst.			+	+					
<i>C. stscheglowi</i> Mnh.				+	+	+	+	+	+
<i>C. glabratus</i> Pk.	+	+		+	+	+		+	+
<i>C. hortensis</i> L.	+	+	+	+		+		+	+
<i>C. convexus</i> F.		+		+					
<i>C. schoenherri</i> F.-W.	+	+		+		+		+	+
<i>Clivina fossor</i> (L.)	+		+						
<i>Epaphius secalis</i> (Pk.)	+	+	+	+					+
<i>Bembidion properans</i> (Steph.)			+						
<i>B. biguttatum</i> (F.)	+		+						
<i>B. guttula</i> (F.)	+		+						
<i>B. mannerheimi</i> C.Sahl.	+								
<i>B. schuppelii</i> Dej.			+						
<i>B. quadrimaculatum</i> (L.)							+		+
<i>B. tetracolum</i> Say.									+
<i>Patrobus atrofufus</i> (Ström.)			+					+	
<i>Stomis pumicatus</i> (Pz.)	+		+						
<i>Poecilus cupreus</i> (L.)	+		+	+	+	+	+	+	+
<i>P. versicolor</i> (Sturm.)	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>P. lepidus</i> (Leske.)			+						
<i>P. sericeus</i> (F.-W.)							+		
<i>Pterostichus niger</i> (Schall.)	+	+	+	+				+	
<i>P. vernalis</i> (Pz.)	+		+						
<i>P. macer</i> (Marsh.)			+				+		
<i>P. anthracinus</i> (Ill.)	+		+						+
<i>P. minor</i> (Gyll.)	+								
<i>P. nigrita</i> (Pay.)	+	+	+	+					+
<i>P. strenuus</i> (Pz.)	+	+	+	+	+				+
<i>P. oblongopunctatus</i> (F.)	+	+		+	+			+	+
<i>P. melanarius</i> (Ill.)	+	+	+	+				+	+
<i>P. uralensis krasnobaevi</i> O.Berlov et Tilly.		+							
<i>Calathus ambiguus</i> (Pk.)			+						
<i>C. erratus</i> (C.R.Sahlb.)							+		

4. Состав и относительное обилие доминантных видов

Анализ состава доминантных видов показал, что биотопические комплексы жукелиц отличаются характерными наборами до-

минантных видов и соотношением их численностей (табл. 2).

Доминантными считали виды, занимающих более 10% от общей численности жукелиц в биотопе; таких видов 13, причем,

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>C. melanocephalus</i> (L.)	+		+		+			+	
<i>C. micropterus</i> (Duft.)		+		+					
<i>C. halensis</i> (Schall.)			+						
<i>Agonum gracilipes</i> (Duft.)				+				+	
<i>A. sexpunctatum</i> (L.)	+		+						
<i>A. viduum</i> (Pz.)	+		+						
<i>A. micans</i> Nic.	+		+						
<i>Platynus assimile</i> (Pk.)			+						+
<i>Oxypselaphus obscurum</i> (Hbst.)	+		+						+
<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pont.)		+	+						
<i>Synuchus vivalis</i> (Ill.)	+		+		+				+
<i>Amara aenea</i> (Deg.)			+				+	+	
<i>A. communis</i> (Pz.)	+		+				+	+	
<i>A. convexior</i> Steph.	+				+	+			
<i>A. eurynota</i> (Pz.)			+		+	+			
<i>A. montivaga</i> Sturm.			+				+	+	
<i>A. similata</i> (Gyll.)				+					
<i>A. littorea</i> Thoms.					+	+			
<i>A. brunnea</i> (Gyll.)	+							+	
<i>A. consularis</i> (Duft.)					+				
<i>A. equestris</i> (Duft.)			+			+	+		
<i>A. taurica</i> (Motsch.)						+	+		
<i>Curtonotus aulicus</i> (Pz.)			+						+
<i>C. desertus</i> Kryn.			+						
<i>Anisodactylus signatus</i> (Pz.)			+						
<i>Harpalus rufipes</i> (Deg.)	+		+				+	+	+
<i>H. calceatus</i> (Duft.)							+		
<i>H. signaticornis</i> (Duft.)	+				+	+			
<i>H. rubripes</i> (Duft.)	+		+						
<i>H. quadripunctatus</i> Dej.	+	+							
<i>H. anxius</i> (Duft.)							+		
<i>H. subcylindricus</i> Dej.						+	+		
<i>H. zabroides</i> Dej.			+						
<i>H. tardus</i> (Pz.)					+	+	+		+
<i>H. latus</i> (L.)			+		+	+	+	+	+
<i>H. xanthopus winkleri</i> Schaub.								+	+
<i>H. affinis</i> (Schrank.)			+					+	
<i>H. distinguendus</i> (Duft.)			+		+				
<i>Ophonus puncticollis</i> (Pk.)						+	+		
<i>O. azureus</i> (F.)							+		+
<i>O. stictus</i> Steph.			+				+		
<i>Panagaeus bipustulatus</i> (F.)			+	+			+		
<i>Chlaenius nigricornis</i> (F.)			+						
<i>Oodes helopioides</i> (F.)	+		+						
<i>Licinus depressus</i> (Pk.)					+			+	

три из них доминируют в 4-х биотопах - это эврибионтные *Poecilus versicolor*, *P. cupreus*, *Pterostichus melanarius*, один - *Pterostichus oblongopunctatus* - типичный обитатель лесов

- в 2-х лесных биотопах, остальные являются доминантами в различных местообитаниях.

Наибольшей концентрацией доминирования отличается остепненный березняк

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>L. cassideus</i> (F.)					+	+		+	
<i>Badister bullatus</i> (Schrank.)	+	+	+	+	+	+		+	+
<i>B. lacertosus</i> Sturm.	+			+					
<i>B. sodalis</i> (Duft.)	+								
<i>Lebia chlorocephala</i> (Hoffm.)					+				
<i>L. cruxminor</i> (L.)					+		+		
<i>Cymindis angularis</i> (Gyll.)			+		+	+			
<i>C. humeralis</i> (Fourcr.)							+		
<i>Microlestes</i> spp.						+	+		

(VIII) - более половины от общей численности занимает луго-лесной *Poecilus versicolor*, остальные виды относятся к редким и малочисленным; подобная структура доминирования отличает осинник (II). Малая концентрация доминирования присуща степным (VI, VII) биотопам и ольхово-крапивно-снытьевой ассоциации (IX).

5. Общность видового состава

Для оценки сходства (или различия) видового состава населения жуужелиц разных местообитаний использовали коэффициенты общности видового состава [20] (табл. 3). Наиболее сходными оказались карабидокомплексы осинника (II) и широколиственного (IV) леса, а также околородных биотопов - сырого луга (I) и ольхово-крапивно-снытьевой ассоциации (IX). Значительным сход-

ством отличаются группы сходных биотопов - лесные, луговые, степные; наиболее сильно отличается от других местообитаний луговая степь (VII).

В целом, коэффициенты общности видового состава еще раз подтверждают, что комплексы жуужелиц склоновых местообитаний значительно различаются.

6. Видовое богатство и видовое разнообразие

Показатели видового богатства (число видов) комплексов жуужелиц склоновых местообитаний очень различаются (табл. 3). Наиболее богаты видами луговые биотопы, наименее - лесные, средние показатели характерны для остепненных и степных местообитаний.

Видовое разнообразие оценивали по

Таблица 2. Виды-доминанты склоновых местообитаний и их относительное обилие

Список видов-доминантов	Доля вида-доминанта в общей численности								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
<i>Poecilus cupreus</i> (L.)			0,39		0,13	0,25	0,19		
<i>P. versicolor</i> (Sturm.)	0,36		0,27		0,44			0,55	
<i>Pterostichus melanarius</i> (Ill.)		0,23	0,18	0,38					0,17
<i>P. oblongopunctatus</i> (F.)		0,54		0,25					
<i>P. niger</i> (Schall.)				0,12					
<i>P. strenuus</i> (Pz.)									0,11
<i>Carabus schoenherrii</i> F.-W.									0,12
<i>C. glabratus</i> Pk.						0,14			
<i>Eraphius secalis</i> (Pk.)	0,12								
<i>Ophonus azureus</i> (F.)							0,23		
<i>Platynus assimile</i> (Pk.)									0,20
<i>Calathus melanocephalus</i> (L.)					0,13				
<i>Oxypselaphus obscurum</i> (Hbst.)	0,14								

Таблица 3. Общность видового состава жуужелиц склоновых местообитаний

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
I	100	25,58	35,82	26,09	17,65	16,33	6,56	24,49	41,67
II		100	12,70	58,33	17,65	15,63	4,65	24,24	32,26
III			100	19,05	18,46	12,12	17,14	23,81	23,81
IV				100	18,92	20,59	13,95	36,36	36,36
V					100	34,38	13,33	23,68	23,68
VI						100	26,32	25,71	25,71
VII							100	20,93	15,56
VIII								100	33,33
IX									100

индексам видового разнообразия Симпсона [21], которые учитывают как видовое богатство, так и равномерность распределения численностей видов (выровненность). Индексы видового разнообразия в нашем случае противоположны показателям видового богатства, поскольку наиболее богатые видами биотопы как правило отличаются низким индексом выровненности из-за того, что более половины видов в сборах с этих участков являются редкими. Максимальные индексы выровненности отличают биотопы с устойчивым гидрорежимом (как засушливые, так и сырые). Наибольшее видовое разнообразие отличает степные (VI, VII) и околородные (I, IX) биотопы; наименьшее - крайние (в смысле увлажнения) варианты лесов -сырой осинник (II) и остепненный березняк (VIII), а также отличающийся неустойчивым режимом увлажнения луговой биотоп (III); средние показатели имеют широколиственный лес (IV) и его опушка (V).

Выводы

1. В лесных, луговых, степных и околородных биотопах водораздела р. Тергалы и ее левого притока обнаружено 94 вида жуужелиц, большинство из которых обладает строгой приуроченностью к определенным местообитаниям.

таниям.

2. Анализ состава и относительной численности доминантных видов, общности видового состава населения жуужелиц склоновых местообитаний показал, что каждый биотоп (или группа сходных биотопов) обладает характерным карабидокомплексом.

3. Карабидокомплексы склоновых местообитаний характеризуются различными показателями видового богатства, выровненности и, как следствие, видового разнообразия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Раменский Л.Г. Об экологическом изучении и систематизации группировок растительности // Бюлл. МОИП. Отд. биол. 1953. Т.58. Вып. 1. С.55-63.
2. Воронов А.Г. Геоботаника. -М.: Высшая школа, 1973. -382 с.
3. Агахьянц О.Е. Микроразнообразие и ее проявление на Памире // Изв. АН Тадж. ССР. Отд. биол. 1962. № 4. С.18-27.
4. Бережной А.В. Склоновая микроразнообразие ландшафтов Среднерусской лесостепи. -Воронеж: Изд-во ВГУ, 1983. -140с.
5. Быков Б.А. Геоботанический словарь. -

Таблица 4. Видовое богатство, индексы выровненности и видового разнообразия комплексов жуужелиц склоновых местообитаний.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Число видов	37	17	54	21	23	20	28	24	24
Индекс выровненности	0,148	0,165	0,071	0,203	0,180	0,458	0,307	0,125	0,368
Индекс разнообразия	5,492	2,807	3,856	4,271	4,136	9,152	8,607	2,993	8,837

- Алма-Ата: Наука, 1973. -288 с.
6. *Наумов Н.П.* Экология животных. -М.: Наука, 1955. -380 с.
7. *Стебаев И.В.* Пространственная структура населения беспозвоночных степных котловин юга Сибири в связи с особенностями структуры их почвенного покрова // Докл. сиб. почвоведов к IX Междунар. конгр. почв. -Новосибирск, 1968. С.99-109.
8. *Мордкович В.Г.* Зоологическая диагностика почв лесостепной и степной зон Сибири. -Новосибирск: Наука, 1977. -109 с.
9. *Мордкович В.Г.* Понятие «экологическая плеяда видов» и его значение для диагностики почв // Пробл. почв. зоол.: Тез. докл. VII всесоюзн. совещ. -Киев, 1981. С.143-144.
10. *Мордкович В.Г., Любечанский И.И.* Зонально-катенный порядок экологической ординации населения жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) Западно-Сибирской равнины // Успехи совр. биол. 1998. Т.118. Вып.2. С.205-215.
11. *Душенков В.М., Черняховская Т.А.* Влияние мезорельефа на распределение жуужелиц // Фауна и экология беспозв. жив.: Межвуз. сб. науч. тр. -М.: МГПИ, 1984. С.77-81.
12. *Феоктистов В.Ф.* Комплексы жуужелиц в фитоценологических рядах Мордовского заповедника // Фауна и экол. беспозв.: Сб. науч. тр. -М.: МГПИ, 1979. С.26-40.
13. *Тилли А.С.* К изучению фауны жуужелиц побережья эвтрофного озера // Экология и охрана жив.: Межвуз. сб. -Куйбышев, 1982. С.70-77.
14. *Козодой Е.М.* Структура мезофауны северного побережья Рыбинского водохранилища // Фауна и экол. беспозв. жив.: Межвуз. сб. науч. тр. -М.: МГПИ, 1984. С.53-62.
15. *Прасолов Л.И.* Почвы Заволжья / В кн. Почвы СССР. -М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1939. Т.3. С.237-275.
16. *Почвы Куйбышевской области* / Под ред. Г.Г.Лобова. -Куйбышев: Кн. изд-во, 1984. -392 с.
17. *Лесостепь и степь Русской равнины* / Под ред. Г.Д.Рихтера и Ф.Н.Милькова. -М.: Изд-во АН СССР, 1956. -296 с.
18. *Леонтьева О.В., Кривопалова С.А.* Комплексы жуужелиц (Coleoptera, Carabidae) естественных биотопов и агроценозов Исаковского государственного биологического заказника // Изуч. и охр. биол. разнообраз. ландшафт. Русск. равн.: Мат. междунар. конф. -Пенза, 1999. С. 222-224.
19. *Утробина Н.М.* Обзор жуужелиц Среднего Поволжья // Почв. фауна Ср. Поволжья: Сб. ст. -М.: Наука, 1964. С. 93-119.
20. *Вайнштейн Б.А.* О некоторых методах оценки сходства биоценозов // Зоол. журн. 1967. Т.46. Вып.7. С.981-986.
21. *Бигон М., Харпер Дж, Таунсенд К.* Экология. Особи, популяции и сообщества. -М.: Мир, 1989. -477 с.

Авторы очень признательны А.С.Тилли (г.Самара) и О.Э. Берлову (г.Иркутск), которыми были проверена правильность определения и частично определены коллекции жуужелиц, а также профессору Самарского госуниверситета Т.И.Плаксиной за определение гербарного материала.

CARABID COMPLEXES (COLEOPTERA, CARABIDAE) OF THE WATERSHED SLOPE HABITATS IN THE NORTH-EAST OF SAMARA REGION

© 1999 O.V. Leontyeva, S.A. Krivopalova

Institute of Ecology of the Volga River Basin of Russian Academy of Sciences, Togliatti

Carabid complexes of the watershed slope habitats of steppe, meadow, wood and littoral biotops were studied on the geomorphological profile between the Tergala River and its left tributary stream (Samara Region, Pochvistnevo District, vicinity of village Isakovo) during three spring-fall seasons (1996-1998). In this paper the carabid complexes are characterized by species composition, structure of dominants, similarity of species composition, number of species and diversity indices.

УСТОЙЧИВОСТЬ МАЛОЩЕТИНКОВЫХ ЧЕРВЕЙ К ХИМИЧЕСКИМ ЗАГРЯЗНЕНИЯМ

© 1999 В.И. Попченко, Т.В. Попченко

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

Весьма выносливее к органическому загрязнению, олигохеты весьма чувствительны к серосодержащим веществам, гексахлорану, ионам тяжелых металлов. Нами экспериментально установлены степень токсичности фенолов для ряда видов олигохет и уровень их резистентности к воздействию токсикантов. Впервые показано сильное влияние серосодержащих гетероциклических соединений типа аминозина на нервную и кровеносную системы водных олигохет.

Для малощетинковых червей характерна высокая устойчивость к химическим веществам. Весьма выносливые к органическому загрязнению олигохеты чувствительны к различным серосодержащим веществам, фенолам [12] гексахлорану, ионам тяжелых металлов. Смеси токсических веществ на малощетинковых червей оказывают более сильное воздействие, чем отдельно взятые эти вещества [5, 2, 14].

Из дигидроксильных фенолов для олигохет наиболее токсичны гидрохинон (остротоксичен в концентрации около 0.01 мг/л) и пиракатехин (остротоксичен при 0.1 мг/л). Наши экспериментальные исследования по воздействию на олигохет (*Stylaria lacustris*, *Nais communis*, *Limnodrilus hoffmeisteri*, *L. udekemianus*, *Tubifex tubifex*, *Lumbriculus variegatus*, *Lamprodrilus isoporus*) пиракатехина, фенола, пираголлола, гидрохинона, ванилина, гваякола, резорцина показали, что все они остротоксичны в концентрациях 0.003-0.120 мг/л (температура среды 16-18 гр Цельсия). Наибольшую чувствительность к этим фенолам проявляют *Stylaria lacustris*, *Nais communis* и молодь тубифицид, особенно вылупляющаяся из коконов.

Сильное воздействие фенолы оказывают на формирование половой системы малощетинковых червей и их половую функцию, вызывая угнетение половой деятельности и дегенерацию половых органов у половозрелых (поясковых) особей даже при концентрации фенолов менее 0.005 мг/л. Все исследованные нами соединения по степени токсичности на олигохет в убывающем порядке можно расположить так: гидрохинон - пиракатехин - пентахлорфенол - пираголлол - резорцин - фенол-гваякол - ванилин. Резистентность олигохет (на примере гидрохинона, гваякола и ванилина) увеличивается следующим образом:

Stylaria lacustris - *Nais communis* - молодь тубифицид - *Lamprodrilus isoporus* - *Limnodrilus udekemianus* - *Tubifex tubifex* - *Limnodrilus hoffmeisteri* - *Lumbriculus variegatus*. Как известно, содержание фенолов в донных отложениях многих загрязненных водоемов Севера превышает 0.008 мг/л [4], нередко и 1-4 мг/л (особенно в ряде мест Кондопожской губы Онежского озера).

Рядом авторов установлена сравнительно высокая выносливость олигохет к различным органическим интоксикантам: они выживают и размножаются в озерах, обработанных полихлорпиреном [3, 6, 8, 7, 13]; в р. Неве олигохеты обитают в присутствии нефтепродуктов до 600 мг на 100 г сухого ила [14].

Физиологические системы олигохет *Limnodrilus hoffmeisteri* и *Tubifex tubifex* проявляют высокую чувствительность к серосодержащим гетероциклическим соединениям как природного, так и синтетического происхождения типа аминазина: хлорпромазина, ларнактила, мегафена и др. Например, фенотиазин оказывает олигохетоцидное воздействие в широком диапазоне концентраций (2.5 мг/л). Наиболее устойчивым оказался *Tubifex tubifex*, наименее выносливыми - *Limnodrilus hoffmeisteri* и *Lamprodrilus pygmaeus* [1]. Нами установлено сильное действие этих веществ на нервную и кровеносную системы олигохет.

Особо токсичны для олигохет ионы тяжелых металлов. Сильной токсичностью обладает медь [15]. Для *Stylaria lacustris* летальная концентрация апапа в воде - 0.2 мг/л, а апапр - 40 мг/л [18]. Исследованиями Е.С. Липеровской и Т.М. Дрожбиной [11] установлено, что развитие тубифицид в р. Москве подавляется при содержании суммы ионов $Cr+Cu$ более 50 мг/кг сухого ила. В одной из рек Канады в донных отложениях, где обитают

тубифициды, обнаружено по 30-40 мг/кг Cu, 100-500 мг/кг Zn, 50-500 мг/кг Pb, 1-0.2 мг/кг Hg сухой массы [13]. Из литературы известно, что тубифициды живут и при содержании в донных отложениях значительных количеств меди (до 70 мг/кг грунта), цинка (500 мг/кг грунта), свинца, ртути и других известных токсических металлов в разном их соединении [19, 17].

Большой аккумулярующей способностью обладают ионы ртути, свинца. Катионы тяжелых металлов в концентрации 0.1 мг/л значительно снижают скорость дыхания червей, а более низкое содержание катионов заметно увеличивает потребление кислорода этими животными [9, 14, 16]. Разновалентные соединения Cu, Fe, Cr, Mg и других металлов в течение 30 суток на 95 % переходят из состояния высшей валентности к более низкой непосредственно в фотосинтезирующих водорослевых клетках. Это может приводить к снижению токсичности соединений металлов, попавших по трофической цепи в водоросли, служащие объектами питания олигохет семейств Aeolosomatidae, Naididae, Enchytraeidae, некоторых Tubificidae и Lumbriculidae.

Малоцетинковые черви, потребляя в качестве пищи грунт, весьма активно концентрируют в своем теле химические элементы, находящиеся в донных отложениях. В Ивановском водохранилище, например, в теле олигохет содержится значительное количество ионов меди, марганца, цинка, магния, железа, натрия [9] - табл.

Как видим, больше всего металлов концентрируется в водных клещах и двусторчатых моллюсках. Эти группы донных беспозвоночных обитают на поверхности грунта в отличие от олигохет, хирономид и др., постоянно совершающих миграции в толще донных отложений до глубины 20-32 см. Поверхностные же слои грунта и пограничная зона «грунт-вода», как правило, содер-

жат большие концентрации ионов тяжелых металлов, чем более нижние слои толщи ила. Соответственно и накопление химических элементов в теле донных организмов различно.

Степень аккумуляции ионов металлов донными беспозвоночными зависит также от доли участия их в общей биомассе гидробионтов биоценоза и трансформации веществ в экосистеме. Значение же малоцетинковых червей в составах численности, биомассы и продукции донных беспозвоночных водоемов весьма существенно; следовательно, и их роль как аккумуляторов и трансформаторов веществ в водных экосистемах очень высокая.

Накапливая в своем теле различной природы химические вещества, в том числе и тяжелые металлы, малоцетинковые черви трансформируют их из грунта в придонный слой воды, передавая таким образом по трофической цепи.

Существующие данные по чувствительности олигохет к различным классам химических соединений свидетельствует о больших возможностях практического использования их в качественном и количественном анализе состояния токсической среды, не требуя при этом применения дорогостоящего оборудования и сложности выполнения анализов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бейм А.М., Попченко В.И. Исследование токсичности для олигохет фенотиазина // Объедин. республик. научно-практич. конф. гигиен., эпидем., микроб., инфекцион. КАССР и секц. географ. общ. АН СССР: тез. докл. Петрозаводск, 1972. С. 62-63.
2. Белявская Л.И. Влияние некоторых пестицидов на выживаемость малоцетинковых червей Волгоградского водохранилища // Тр.

Таблица. Содержание химических элементов в теле донных беспозвоночных Ивановского водохранилища (мг/кг сырой массы)

Организмы	Cu	Mn	Zn	Mg	Fe	Na
Олигохеты	13.92	4.25	43.97	369.70	254.57	438.75
Хирономиды	7,23	8.08	30.60	281.00	246.00	1013.25
Таниподиды	38.82	2.23	53.85	239.50	729.45	417.50
Гидрахнеллы	422.33	65.23	421.43	3529.67	5625.33	19552.66
Сферииды	83.30	17.35	83.50	305.00	175.00	1375.50
Мокрецы	50.00	13.00	81.50	870.00	543.00	1522.00

- компл. эксп. Саратовск. ун-та по изуч. Волгоградск. и Саратовск. водохр. Саратов, 1979. Вып. 8. С. 75-78.
3. *Владимирова Т.М.* Изменение зоопланктона и зообентоса озера Жемчужного, обработанного полихлорпинеом // Изв. Гос НИОРХ. Ленинград, 1963. Т. 53. С. 70-83.
 4. *Власова Т.А., Гецен М.В., Сидоров Г.П.* Водные системы Европейского Северо-Востока в условиях интенсивного освоения региона // V съезд ВГБО: тез. докл., ч. 2. Куйбышев, 1986. С. 237-239.
 5. *Воронкин А.С., Лошаков Ю.Т.* Токсическое воздействие пестицидов на тубифицид // Экспер. вод. токсикология. 1973. N 5. С. 269-173.
 6. *Гордеев О.Н., Попченко В.И.* Донная фауна // Рыбохозяйственные результаты удобрения малых лесных озер Северо-Запада РСФСР. Петрозаводск, 1978. С. 65-89.
 7. *Гордеев О.Н., Русанова М.Н.* К вопросу о восстановлении донной фауны малых гумифицированных озер-ламб после обработки полихлорпинеом // XI научная конф. рл изуч. внутр. вод. Прибалтики: тез. докл. Петрозаводск, 1964. С. 24-25.
 8. *Драко М.М., Гаврилов С.И.* Донная фауна озер Витебского рыбозавода, обработанных полихлорпинеом // XI научн. конфер. по изуч. внутр. вод. Пибалтики: тез. докл. Петрозаводск, 1964. С. 23-24.
 9. *Кобукин А.И., Грибовская И.Ф., Остапенко Л.П.* Роль донных биоценозов Ивановского водохранилища в накоплении некоторых химических элементов // Круговорот вещества и энергии в водоемах. Матер. VI Всесоюзн. лимнол. совещ. Иркутск, 1985. Вып. 3. С. 111-112.
 10. *Липеровская Е.С., Дрожбина Т.М.* Характеристика загрязнения илов р.Москвы и влияние их на распределение олигохет // Процессы загрязнен. и самоочищ. реки Москвы. М., 1972. С. 130-139.
 11. *Попченко В.И.* Жизненные циклы и сезонная динамика массовых видов олигохет сем. Tubificidae водоемов Карелии // Биолог. проц. в морск. и континент. вод.: тез. докл. II съезда ВГБО. Кишинев, 1971. С. 308-309.
 12. *Тимм Т.Э.* Малоцетинковые черви (Oligochaeta) водоемов Северо-Запада СССР. Таллин: «Вагус», 1987. 299 с.
 13. *Туманов А.А., Постнов И.Е.* Водные беспозвоночные как аналитические индикаторы // Гидробиол. журн. 1983. Т. 19, N 5. С. 3-16.
 14. *Цветкова Л.И.* О роли ссапробных олигохет в кислородном балансе водоемов (бассейн р.Невы): Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Л., 1969. 20 с.
 15. *Aston R.J.* Field and experimental studies on the effects of a power station effluent on Tubificidae (Oligochaeta, Annelida) // Hydrobiologia. 1973. V. 42 (2-3). P. 225-242.
 16. *Bricovic-Popovic J., Popovic M.* Effects of heavy metals survival and respiration rate of tubificid Worms. Part 2. Effects on respiration rate // Environ. Pollat. 1977. T. 13, N 2. H. 93-98.
 17. *Chapman p.M.* Heavy metal studies with oligochaetes // Aquatic oligochaete biology. N.Y. 1980. T. 13, N 2. P. 93-98.
 18. *Gunter B.* Testungen der Toxizitat von Abwasserstoffen fur Asellus aquaticus und Stylaria lacustris // Z. ges. Hydrob. 1864. V. 1. S. 97-107.
 19. *Hall T.M., Merlini L.* Concentrations of Cr, Pb, Cu and Mn in some biotic and abiotic components of the bentic ecosystem of the Toce River and Isole Borromeo basin (Lake Maggiore, Italy). II. Oligochaetes and other invertebrates // Mem. Inst. Ital. Hydrobiol. 1979. V. 37. P. 23-32.

STABILITY OF OLIGOCHAETA TO CHEMICAL POLLUTION

© 1999 V.I. Popchenko, T.V. Popchenko

Institute of Ecology of the Volga River Basin of Russian Academy of Sciences, Togliatti

Oligochaetes, which are rather hardy to organic pollution, are sensitive to the sulfur-bearing substances, hexochlorans and ions of heavy metals. The degree of fenols' toxicity for a number of various oligochaete types and level of their resistance to influence of these toxicides were experimentally determined. The strong influence of sulfur-bearing heterocyclic compounds of aminosin type on nervous and circulatory system of oligochaetes is demonstrated for the first time.

ОЦЕНКА ПРОСТРАНСТВЕННОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ КАЧЕСТВА ВОД САРАТОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

© 1999 В.А. Селезнев, М.Г. Рубцов, В.Я. Купер, Г.С. Розенберг

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

Представлены данные натурных измерений качества вод Саратовского водохранилища, полученные с использованием информационно-измерительной системы “Хитон”, установленной на борту научно-исследовательского судна “Биолог”. Анализ данных наблюдений показывает, что качество вод Саратовского водохранилища характеризуется пространственной неоднородностью, обусловленной воздействием боковых притоков Сок, Самара и Чапаевка.

Характерной чертой крупных водохранилищ Волги является наличие пространственных неоднородностей качества вод различного масштаба (Долгов, 1929; Горюнов, 1936; Зенин, 1965; Горин, 1971; Знаменский, 1981; Эдельштейн, 1991). Используя традиционные подходы (Казаровец, 1960; Воробьев, 1963), наиболее полно изучены крупномасштабные неоднородности качества вод, образованные на водохранилищах от впадения больших притоков. Мезо- и микромасштабные неоднородности, которые формируются на водохранилищах под воздействием средних и малых притоков, а также точечных источников загрязнения, исследованы недостаточно. Дело в том, что для их обнаружения и изучения необходимы специализированные средства контроля качества вод (Рубцов и др., 1989; Белоусов и др., 1991), обладающие высокой точностью и оперативностью измерения непосредственно в водной среде.

В качестве объекта исследований выбрано Саратовское водохранилище, на котором отсутствуют крупномасштабные неоднородности качества вод. Длина водохранилища достигает 341 км, ширина водохранилища изменяется в широких пределах от 0,8 до 12 км, площадь зеркала при нормальном подпорном уровне составляет 1831 км², средняя глубина равна 8 м, а максимальная достигает 28 м. С левого берега в Саратовское водохранилище впадают притоки: Сок, Самара, Чапаевка, Чагра и Малый Иргиз, имеются несколько точечных источников загрязнения в районах сброса сточных вод городов Жигулевск, Тольятти, Самара, Сызрань и Балаково.

Для определения пространственных неоднородностей качества вод на акватории Саратовского водохранилища были намечены десять створов и двадцать вертикалей (рис. 1), по которым осуществлялось автоматизированное зондирование водной массы водохранилища по отдельным интегральным показателям качества вод: температура (Т), удельная электрическая проводимость (УЭП), водородный показатель (рН), окислительно-восстановительный потенциал (Еh), растворенный кислород (О₂). Створы расположены таким образом, чтобы было возможно в первую очередь определить влияние боковых притоков на формирование качества вод водохранилища. По результатам зондирования на каждом створе выявлялись пространственные неоднородности качества вод и намечались вертикали наблюдений, для отбора проб воды в поверхностном и придонном горизонтах на традиционный химический анализ для идентификации различных водных масс. Наблюдения на Саратовском водохранилище проходили в летнюю межень с 24 по 27 июля 1996 г.

Зондирование водохранилища по створам и вертикалям осуществлялось с борта экспедиционного судна “Биолог” при помощи информационно-измерительной системы (ИИС) “Хитон”, разработанной в Научно-производственном центре “ПАЛС” (Рубцов и др., 1989). В состав ИИС “Хитон” входят: погружаемая часть; кабель-трос; бортовой блок; персональный компьютер и программное обеспечение. Погружаемое устройство опускается на грузонесущем одножильном кабеле, по которому подаются с бортового устройства питание, сиг-

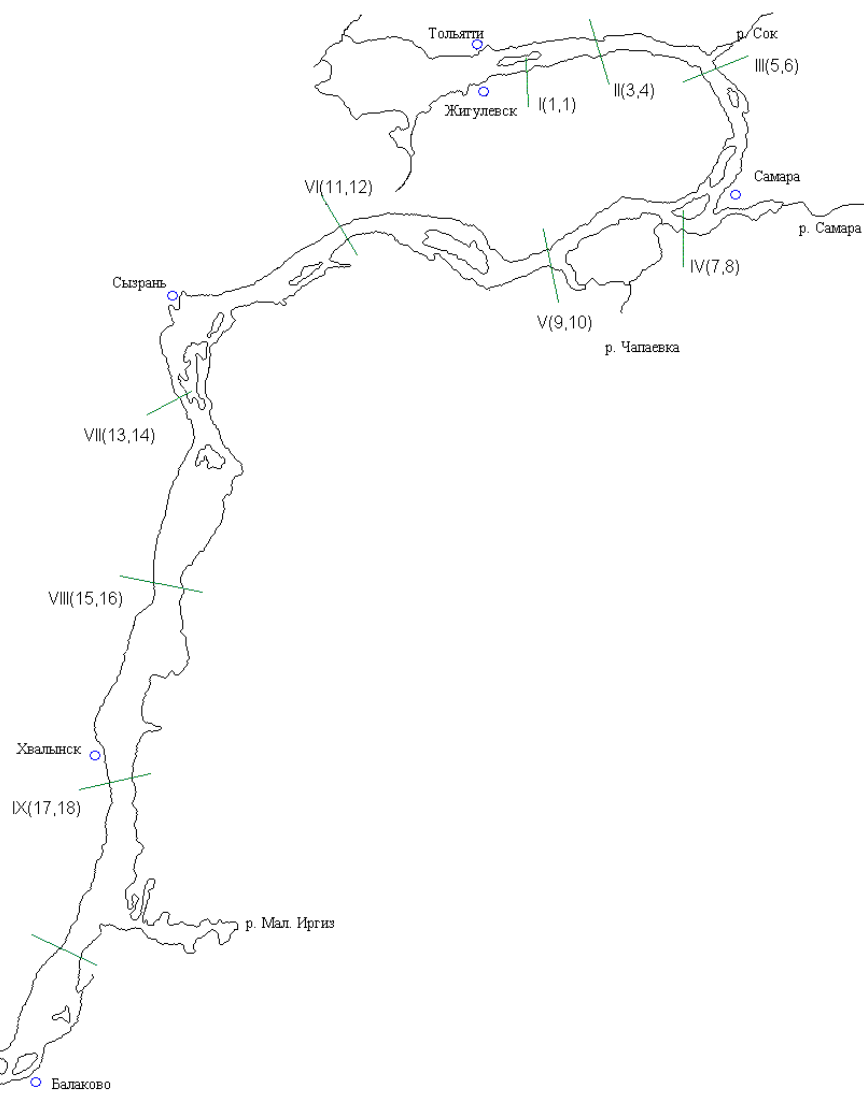


Рис. 1. Схема расположения створов и вертикалей наблюдения на Саратовском водохранилище в период с 24 по 27 июля 1996 г. (I-X - номера створов, 1-20 - номера вертикалей)

налы управления датчиками, а с погружаемого устройства - информация. Проводная линия связи, по которой передается унифицированный измерительный сигнал, используется также для подачи в погружаемую часть зонда напряжения питания и сигналов команд управления работой узлов погружаемой части зонда.

Зондирование водохранилища по створам осуществлялось в поверхностном слое воды при движении судна от правого к левому берегу. Продолжительность зондирования на каждом створе составляла от 6 до 60 минут и зависела от ширины водохранилища в районе расположения створа. Зондирование по глубине осуществлялось при постановке судна на якорь

и продолжительность наблюдений составляла 2-5 минут на каждой вертикали.

Принцип действия ИИС "Хитон" заключается в том, что все измеряемые величины в погружаемой части зонда преобразуются в унифицированный сигнал - последовательность прямоугольных импульсов с модуляцией частоты (периода) повторения, который передается по проводной линии связи в бортовой блок. В бортовом блоке период повторения импульсов преобразуется в цифровой двоичный код, который вводится в персональный компьютер для последующей обработки. Время измерения каждого параметра составляет 0,03с.

Как показали исследования, наиболее до-

стоверно пространственные неоднородности качества вод, выделяются по непрерывным записям Т и УЭП воды, погрешность измерения которых составляет по Т - 0,01 °С, а по УЭП - 0,001 мкСим/см (табл.1). Глубина погружения датчиков определяется при помощи датчика давления. Столь высокая точность измерения позволяет не только выявить пространственную неоднородность, но и наблюдать за ней на всех стадиях ее эволюции. После выделения пространственных неоднородностей качества вод в автоматизированном режиме с помощью ИИС “Хитон” необходимо их идентифицировать по результатам традиционного химического анализа проб воды.

Одним из наиболее эффективных путей получения высокой точности измерений является использование алгоритмических методов измерений, основанных на идентификации статистической функции преобразования измерительного канала ИИС. Они основаны на использовании тестовых методов измерений (ТМИ). Одним из основных недостатков ТМИ является снижение быстродействия ИИС, вызванное необходимостью проведения дополнительных измерений. При этом для обеспечения необходимой пространственной разрешающей способности следует уменьшать скорость погружения зонда. Это приводит к увеличению времени проведения эксперимента, и, следовательно, к увеличению его стоимости. Поэтому разработка новых ТМИ, обеспечивающих высокую точность измерений, долговременную стабильность метрологических характеристик и необходимое быстродействие, всегда являлась весьма актуальной задачей. Отличительной особенностью ИИС “Хитон” является использование при измерениях всех физических и химических параметров воды тестовых воздействий в измерительных каналах зонда, проведение дополнительных измерений тестов и

обработка данных по соответствующим алгоритмам, обеспечивающим значительное повышение точности измерений.

Важное место при натуральных наблюдениях отводится подготовке и правильной эксплуатации ИИС “Хитон”. Например, на измеренное значение УЭП воды может влиять загрязнение пробы внутри ячейки. Наличие в воде большого количества взвешенных веществ, жира или масла может вызвать загрязнение электродов. Мешающие влияния, вызванные такими воздействиями, при выполнении обычных операций нелегко обнаружить. Они могут легко вызвать изменение постоянной ячейки, что можно установить лишь проверкой с помощью подходящего стандартного раствора хлорида калия.

Результаты зондирования Саратовского водохранилища по 10-ти створам по Т и УЭП показаны на рис.2 и представлены в таблице 2, где указаны дата и время измерения, а также среднее, максимальное и минимальное значение Т и УЭП в каждом конкретном створе. Из таблицы видно, что изменение Т и УЭП воды по ширине водохранилища не остается постоянным. Так для створов VII и VIII изменение Т воды по ширине водохранилища минимальное и составляет 0,1°С, для створа I - 0,2°С, для створов III, V и IX - 0,3°С, для створов IV и VI - 0,4°С, для створа II - 0,7°С и для створа X максимальное и составляет 3,8°С. УЭП воды по створам водохранилища изменяется в широких пределах от 6 до 154 мкСм/см. Значительные изменения УЭП воды наблюдаются в створе IV (154 мкСм/см), в створе III (41 мкСм/см), в створе V (36 мкСм/см) и створе X (37 мкСм/см).

В качестве примера на рис.3-6 показаны сглаженные результаты зондирования Саратовского водохранилища от правого берега к левому по УЭП воды в створах III, IV, V и X. На

Таблица 1. Технические характеристики информационно-измерительных систем типа “Хитон”

Параметры измерения	Т, 25 °С	УЭП, мкСим/см	Давление, МПа	Химические показатели, В
Диапазон	от -2 до 35	от 1 до 6,5	от 0 до 2,5	от -1 до + 1
Погрешность	0,01	0,001	0,1%	0,001
Порог чувствительности	0,002	0,0003	0,005%	0,00005

Примечание: В - напряжение в вольтах, МПа - давление в мегапаскалях

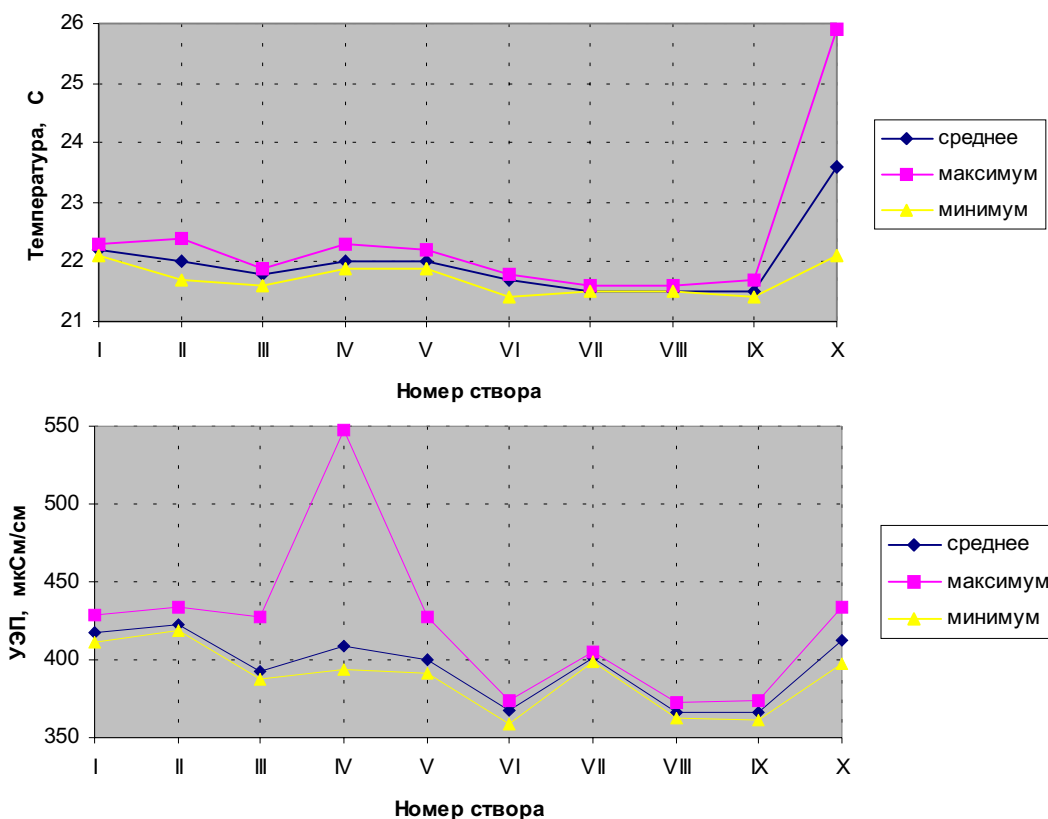


Рис. 2. Изменение T и УЭП в поверхностном слое воды (средней, максимальной и минимальной в створе) по длине Саратовского водохранилища

створах III, IV и V по записям УЭП отчетливо прослеживается влияние стока рек Сок, Самара и Чапаевка на качество вод Саратовского водохранилища у левого берега. В момент зондирования Саратовского водохранилища Т воды притоков Сок, Самара и Чапаевка составляла 21,3 °C, 18,0 °C и 23,2 °C, а УЭП воды составляла соответственно 1074 мкСм/см, 625 мкСм/см и 421 мкСм/см. Величина воздействия притоков неодинакова. Наибольшие изменения

УЭП воды наблюдаются на Саратовском водохранилище в створе IV и обусловлены воздействием реки Самары. В результате размах колебаний УЭП в створе IV составляет 154 мкСм/см. Воздействию реки Самары подвержены воды Саратовского водохранилища вдоль левого берега шириной около 100 м, по длине водохранилища ее влияние прослеживается до района впадения реки Чапаевка. Влияние рек Сок и Чапаевка также прослеживается вдоль

Таблица 2. Изменение УЭП и Т воды в поверхностном слое Саратовского водохранилища по результатам зондирования на 10-ти створах

№ створа	Дата	Время записи начало/конец	УЭП, мкСм/см сред./ мах / мин	Т, °C сред./ мах./ мин.
I	24.07	15:48 / 15:58	417 / 429 / 411	22,2 / 22,3 / 22,1
II	24.07	18:08 / 18:18	423 / 434 / 419	22,0 / 22,4 / 21,7
III	25.07	10:46 / 10:58	393 / 428 / 387	21,8 / 21,9 / 21,6
IV	25.07	16:14 / 16:20	409 / 548 / 394	22,0 / 22,3 / 21,9
V	25.07	19:28 / 19:38	400 / 427 / 391	22,0 / 22,2 / 21,9
VI	26.07	7:30 / 7:42	367 / 374 / 359	21,7 / 21,8 / 21,4
VII	26.07	12:47 / 12:55	401 / 405 / 399	21,5 / 21,6 / 21,5
VIII	26.07	17:59 / 18:10	366 / 372 / 363	21,5 / 21,6 / 21,5
IX	27.07	6:55 / 7:55	366 / 374 / 361	21,5 / 21,7 / 21,4
X	27.07	18:50 / 19:15	413 / 434 / 397	23,6 / 25,9 / 22,1

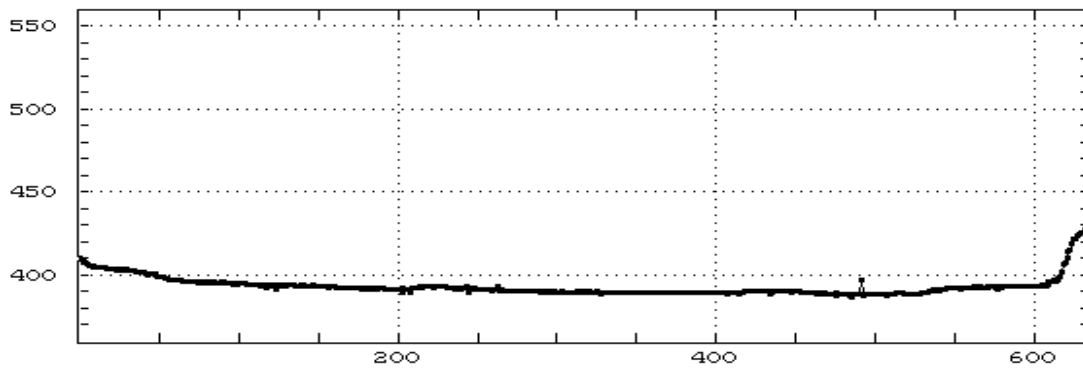


Рис. 3. Изменение УЭП (мкСм/см) воды в поверхностном горизонте створа III

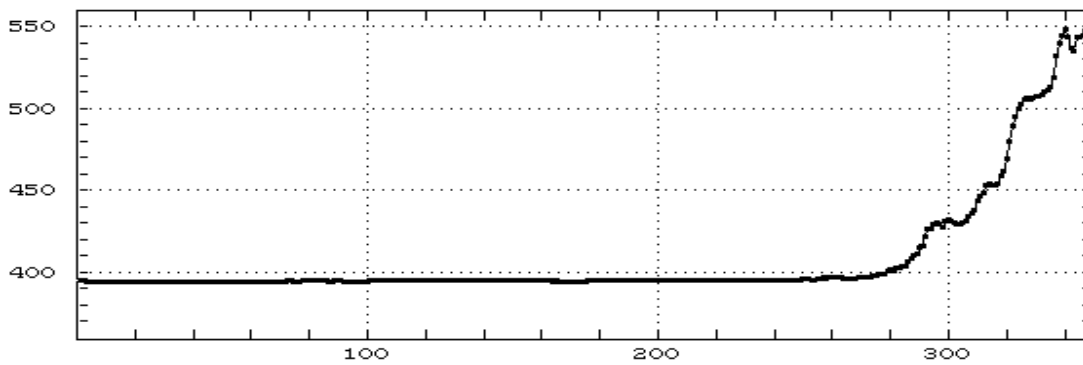


Рис. 4. Изменение УЭП (мкСм/см) воды в поверхностном горизонте створа IV

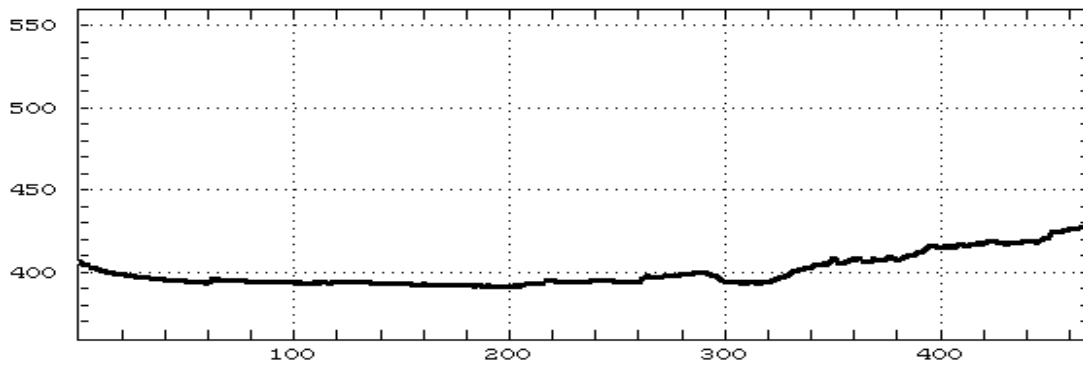


Рис. 5. Изменение УЭП (мкСм/см) воды в поверхностном горизонте створа V

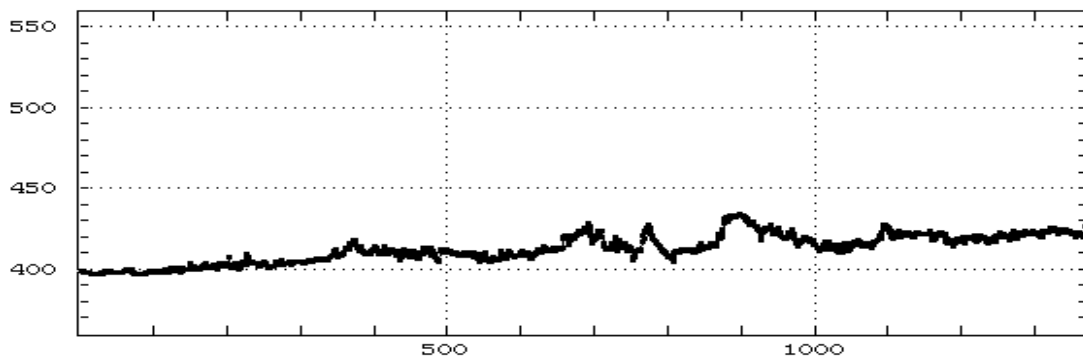


Рис. 6. Изменение УЭП (мкСм/см) воды в поверхностном горизонте створа X

Таблица 3. Изменение УЭП и Т воды по глубине Саратовского водохранилища по результатам зондирования на 20 вертикалях

№ С	№ В	Дата	Время записи	Г, м	УЭП, мкСм/см сред./ мах / мин	Т, °С сред./ мах./ мин.
I	1	24.07	16:29	9,0	412 / 416 / 411	21,60/21,69/21,57
	2	24.07	17:12	12,0	425 / 428 / 424	22,06/22,12/22,03
II	3	24.07	18:54	10,5	427 / 433 / 425	21,97/21,98/21,96
	4	24.7	19:26	12,0	439 / 445 / 436	22,17/22,23/22,14
III	5	25.07	11:25	13,0	412 / 424 / 406	21,67/21,72/21,59
	6	25.07	12:08	8,0	417 / 424 / 415	21,82/21,83/21,81
IV	7	25.07	16:49	17,0	497 / 525 / 470	22,13/22,19/22,07
	8	25.07	17:24	5,5	408 / 410 / 407	22,03/22,04/22,02
V	9	25.07	20:35	14,0	- / - / -	- / - / -
	10	25.07	20:50	9,0	417 / 419 / 414	22,08/22,09/22,07
VI	11	26.07	8:21	11,0	402 / 407 / 394	21,60/21,61/21,60
	12	26.07	9:18	18,0	406 / 412 / 402	21,69/21,70/21,69
VII	13	26.07	13:22	11,0	419 / 423 / 416	21,43/21,45/21,41
	14	26.07	14:57	28,0	424 / 427 / 420	21,36/21,44/21,31
VIII	15	26.07	18:39	22,0	393 / 399 / 383	21,45/21,52/21,31
	16	26.07	19:23	14,0	403 / 406 / 399	21,43/21,47/21,37
IX	17	27.07	8:41	18,0	391 / 396 / 384	21,46/21,47/21,45
	18	27.07	9:36	7,0	393 / 395 / 391	21,42/21,51/21,38
X	19	27.07	19:49	24,0	419 / 428 / 412	22,26/23,53/21,70
	20	27.07	20:35	18,0	418 / 422 / 415	22,15/22,96/21,83

Примечание: С - створ, В - вертикаль, Г - глубина, "-" - отсутствие наблюдений

левого берега водохранилища, хотя и менее значительное. Особый интерес представляет распределение Т и УЭП воды в створе X, расположенном на приплотинном плесе Саратовского водохранилища. Здесь наблюдаются самые высокие градиенты по Т воды.

По результатам зондирования в летнюю межень 1996 года воздействие реки Чагра в створе IX и реки Малый Иргиз в створе X обнаружить не удалось, что обусловлено малым водным стоком этих рек в указанный сезон года и значительным удалением створов наблюдения от устьевых районов. По этой же причине не удалось обнаружить микромасштабных неоднородностей качества вод Саратовского водохранилища, которые формируются в результате воздействия сточных вод городов Жигулевск, Тольятти, Самара и Сызрань. Для этой цели необходима организация специальных локальных исследований в районах сброса сточных вод.

Количественные изменения Т и УЭП воды по глубине водохранилища на 20-ти вертикалях представлены в табл. 3, где указаны дата и

время измерения, глубина вертикали, а также среднее, максимальное и минимальное значение Т и УЭП на каждой конкретной вертикали. Глубина водохранилища на вертикалях изменяется от 5,5 до 28,0 м. Т воды по глубине изменяется в широких пределах для различных вертикалей от 0,01°С (вертикали № 11 и 12 в створе VI) до 1,13°С (вертикаль №20 в створе X). УЭП воды по глубине изменяется от 3 мкСм/см (вертикаль №8 в створе IV) до 55 мкСм/см (вертикаль №7 в створе IV). Вертикальное распределение Т и УЭП воды также подтверждает воздействие притоков Сок, Самара и Чапаевка на качество вод Саратовского водохранилища.

Химический анализ проб воды поверхностного и придонного горизонтов на 20-ти вертикалях позволяет уточнить результаты полученные при зондировании Саратовского водохранилища по Т и УЭП воды и идентифицировать различные водные массы. Смешанные водные массы Саратовского водохранилища в районе впадения рек Сок, Самара и Чапаевка отличаются от основной водной массы по рН,

Таблица 4. Качество вод Саратовского водохранилища по результатам экспедиции в период 24-27 июля 1996 года

№ В	Г	pH	Eh мВ	O ₂ мг/л	HCO ₃ ⁻ мг/л	SO ₄ ⁻ мг/л	CL ⁻ мг/л	Ca ⁺⁺ мг/л	Mg ⁺ мг/л	NO ₃ ⁻ мг/л	Fe _{об.} мг/л	P _{мин} мг/л
1	П	8.46	187	8.5	115.4	63.2	28.1	42.3	7.4	0.65	0.11	0.005
	Д	8.42	189	8.4	117.4	64.8	28.4	39.5	8.6	0.64	0.11	0.002
2	П	8.44	189	8.6	115.4	64.8	28.7	41.7	9.1	0.60	0.14	н/о
	Д	8.46	182	8.4	115.4	68.0	29.3	39.9	10.6	0.60	0.20	0.003
3	П	8.49	194	9.5	113.1	66.0	28.4	41.8	8.9	0.73	0.13	0.003
	Д	8.50	198	9.1	113.1	69.6	29.9	39.4	9.5	0.75	0.10	0.011
4	П	8.30	203	8.1	113.1	64.8	30.5	40.4	9.5	0.72	0.05	0.003
	Д	8.33	205	8.1	112.5	64.8	30.5	40.4	9.1	0.70	0.07	0.017
5	П	8.51	222	9.9	110.8	67.2	28.7	34.4	10.9	0.92	0.11	0.003
	Д	8.44	235	9.0	117.7	71.6	28.7	41.0	10.3	0.95	0.11	н/о
6	П	8.22	230	7.7	112.5	66.0	27.7	38.7	9.7	0.77	0.09	0.002
	Д	8.22	227	7.5	113.1	63.2	29.9	38.5	9.7	0.79	0.02	0.005
7	П	8.06	230	8.3	144.1	83.2	36.4	46.2	11.6	0.95	0.02	0.011
	Д	8.07	232	8.1	132.0	83.2	35.8	45.2	12.2	0.92	0.01	0.019
8	П	8.52	222	9.3	112.5	60.0	29.9	39.8	8.3	0.70	0.03	0.005
	Д	8.51	220	9.3	116.5	71.9	28.1	41.0	9.5	0.72	0.10	0.004
9	П	8.18	238	8.8	117.5	64.8	30.2	43.2	9.8	0.82	0.05	0.021
	Д	8.20	242	8.9	116.5	66.0	31.8	43.5	10.0	0.70	0.03	0.020
10	П	7.98	262	7.4	111.4	67.2	29.0	39.7	9.7	0.61	0.02	0.014
	Д	7.97	256	7.6	110.8	66.0	29.3	41.7	8.6	0.61	0.02	0.015
11	П	7.86	247	8.0	111.8	61.6	28.4	41.7	8.9	1.46	0.06	0.029
	Д	7.70	247	7.8	110.8	62.8	29.9	41.2	8.8	1.28	0.07	н/о
12	П	7.87	253	7.6	112.4	68.4	29.3	39.9	8.7	1.11	0.17	н/о
	Д	7.92	250	7.4	113.0	56.8	29.3	41.3	8.8	1.06	0.21	0.004
13	П	7.89	251	8.0	111.8	61.2	28.7	41.7	7.1	1.11	0.04	0.027
	Д	7.89	266	8.0	112.4	66.0	28.4	39.7	8.5	1.06	0.01	0.002
14	П	7.83	249	7.6	114.8	61.2	28.1	42.7	8.4	1.09	0.02	0.033
	Д	7.87	247	7.5	115.8	63.2	27.4	38.2	9.1	1.11	0.20	0.001
15	П	7.93	257	8.8	112.3	71.6	31.4	41.0	9.1	1.16	0.12	0.003
	Д	7.93	259	8.7	113.4	71.8	30.5	40.2	10.0	1.16	0.08	0.001
16	П	7.96	255	9.2	112.3	60.0	28.7	43.8	8.5	1.19	0.06	0.001
	Д	7.92	256	8.8	113.4	68.0	28.4	43.5	8.4	1.16	0.08	0.030
17	П	7.95	256	8.7	111.2	63.2	27.7	43.2	6.7	1.50	0.16	0.004
	Д	7.89	259	8.8	112.4	61.2	28.7	39.9	8.1	1.16	0.05	0.036
18	П	7.90	251	8.7	111.5	63.0	29.9	39.3	10.0	1.16	0.05	0.049
	Д	7.88	257	8.6	113.5	63.2	29.6	42.0	10.1	1.16	0.12	0.034
19	П	8.29	222	11.4	118.1	67.2	29.3	40.8	9.4	1.09	0.29	0.019
	Д	7.98	252	8.9	118.1	63.8	29.3	43.2	10.3	1.11	0.05	0.036
20	П	7.96	253	9.5	114.1	75.6	27.7	40.0	9.6	0.95	0.08	0.019
	Д	7.94	254	8.7	115.8	68.0	27.7	42.2	9.7	0.99	0.18	0.032

Примечание: В - вертикаль; Г - горизонт (п - поверхностный, д - придонный)

HCO₃⁻, SO₄⁻, CL⁻ и т.д. Однако эти различия не столь существенны и без предварительного зондирования водохранилища по УЭП воды найти их было бы весьма проблематично. В табл.

4 представлены результаты химического анализа проб воды Саратовского водохранилища на 20 вертикалях (поверхностный и придонный горизонты).

Результаты проведенных исследований показывают, что воздействие рек Сок, Самара и Чапаевка приводит к возникновению на Саратовском водохранилище мезомасштабных пространственных неоднородностей качества вод. Наиболее ощутимо это проявляется в районе впадения реки Самары. Здесь у левого берега водохранилища формируются смешанные водные массы, которые отличаются от основной водной массы.

Исследования, выполненные на Саратовском водохранилище, позволили сформулировать новые методические подходы к мониторингу качества вод крупных водохранилищ и разработать метод выделения зон воздействия боковых притоков. Основные задачи, решаемые с помощью данного метода: 1) разделение водных масс различного генезиса; 2) определение границ и размеров зон воздействия боковых притоков и изучение их динамики; 3) отслеживание путей перемещения и трансформации различных водных масс. Используемые методы и средства наблюдения позволяют оптимизировать систему существующего мониторинга качества вод на крупных водохранилищах с позиций рационализации сети наблюдений и повышения достоверности полученных результатов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белоусов А.П., Кимстач В.А., Завеса М.П., Музыков А.Г. Использование автоматизированных систем контроля загрязненности поверхностных вод типа АНКОС-ВГ для оперативного мониторинга // Гидрохимические материалы. - 1991. - Т. 100. - С. 69-78.
2. Воробьев Н.И. Применение измерения электропроводности для характеристики химического состава природных вод. - М.: Изд-во АН СССР, 1963. - 142 с.
3. Горин Ю.И. Формирование, перемещение и трансформация водных масс в Черемшанском заливе Куйбышевского водохранилища // Сб. работ Комсомольской ГМО. - 1971. - Вып. 9. - С. 35-39.
4. Горюнов А.А. Электропроводность воды реки Волги // Тр. ГГИ. - 1936. - Вып.3. - С. 79-85.
5. Долгов Г.И. Неоднородность состава воды в реках в связи с впадением притока и спуском сточных вод // Тр. 2 Всесоюзного водопроводного и санитарно-технического съезда в г. Харькове в 1927г. - М., 1929. - Вып. 3. - С. 63-94.
6. Зенин А.А. Гидрохимия Волги и ее водохранилищ. - Л.: Гидрометеиздат, 1965. - 258с.
7. Знаменский В.А. Гидрологические процессы и их роль в формировании качества воды. - Л., 1981. - 248 с.
8. Казаровец Н.М. Применение кондуктометрического метода к изучению распределения водных масс Рыбинского водохранилища // Бюл. ИБВВ АН СССР. - 1960. - № 7. - С. 16-28.
9. Рубцов М.Г., Купер В.Я., Нечаев С.А., Татарченко Е.И. Автоматизированный измерительный комплекс для гидрофизических исследований // Технические средства и методы исследования океанов и морей: Тез. докл. Т. 2. - М., 1989а. - С. 85.
10. Эдельштейн К.К. Водные массы долинных водохранилищ. - М.: Изд-во Моск. унта, 1991. - 174 с.

ESTIMATION OF SPATIAL HETEROGENEITY FOR WATERS' QUALITY IN THE SARATOV'S RESERVOIR

© 1999 V.A. Seleznev, M.G. Rubtsov, V.Ya. Kuper, G.S. Rozenberg

Institute of Ecology of the Volga River Basin of Russian Academy of Sciences, Togliatti

The paper presents data of immediate measurements of waters' quality in the Saratov's reservoir. These data were obtained from the information-measuring system "Khiton", which was mounted aboard scientific-research ship "Biolog". The analysis of the observation data demonstrates that waters quality in the Saratov's reservoir is characterized by spatial heterogeneity, which is caused by influence of the tributary streams: Sok, Samara and Chapaevka Rivers.

УДК 592

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СООБЩЕСТВ ДОННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ В БИОМОНИТОРИНГЕ ПРЕСНЫХ ВОД

© 1999 В.И. Попченко

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

Контроль состояния водных экосистем осуществляется преимущественно по физико-химическим и экономическим характеристикам, с точки зрения пригодности воды для водопользования. В мониторинге же, помимо этого, необходимо применять и биологические показатели: по учету структуры донных сообществ, по соотношению отдельных групп фауны, по количественному развитию. В целях биоиндикации биологические показатели следует рассматривать как структурные характеристики.

Мониторинг по изменению структуры донных сообществ

В последнее время все более широкое развитие имеет количественный подход к оценке состояния экосистемы и функционального значения в ней донных организмов. Системный подход при гидробиологическом контроле, включающий сочетание качественных и количественных методов оценки, позволяет объективно охарактеризовать функциональное состояние экосистемы, вскрыть причины нарушения процессов круговорота вещества и энергии. Такой путь дает возможность выявить закономерности изменений сообществ водных организмов, подверженных антропогенному воздействию, и позволяет прогнозировать состояние экосистемы при изменении внешних факторов, включая влияние различных загрязнителей.

Антропогенная нагрузка очень сильное воздействие оказывает на поток энергии в экосистеме, на жизнеобеспеченность сообществ донных беспозвоночных. На все изменения окружающей среды сообщества организмов «реагируют» изменением своего метаболизма. Метаболиты выступают в экосистеме «информаторами» сообществ о состоянии окружающей среды. Адекватно изменению внешних условий биоценозы зообентоса изменяют свою экологическую структуру, уровень организации или перестраивают видовой состав без изменения структуры.

Большой устойчивостью экологичес-

кой структуры в пространстве и во времени обладают сообщества донных беспозвоночных чистых водоемов или водотоков, не подверженных отрицательному воздействию сточных вод или загрязненных атмосферных осадков. Примером таких водоемов могут служить озера Байкал, Онежское, Укшозеро, Путкозеро, Вангозеро, Телецкое, Веттерн, Ельмарен, Сайма, Инари, Кейтеле (кроме отдельных загрязненных районов этих водоемов), а также из текучих вод - реки Печора, Вычегда, Кола, Гломма, Гурнам-Эльв, Вуокса, Чирка-Кемь, различные ключи и т.п. Их богатство биотопами обеспечивает существование разнообразных биоценозов бентоса (Герд, 1949; Зверева, 1969; Кожов, 1962; Попченко, Александров, 1983 и др.). Для них характерна устойчивость к естественным изменениям абиотической среды, большое разнообразие видов, устойчивые внутривидовые и межвидовые отношения, наличие большого количества стенобионтов, существование видов с различными по длительности жизненными циклами. Плотность их популяций в многолетнем ряду не претерпевает заметных флуктуаций, а сезонная динамика численности и биомассы подчиняются известным закономерностям, связанным с жизненным циклом организмов и естественными внешними факторами. Такое состояние структуры донных сообществ - экологическая устойчивость биоценоза.

По мере загрязнения водоема донные сообщества изменяются качественно и ко-

личественно. В связи с этим В.А. Абакумов (1981) выделил три направления изменений «метаболического прогресса»: экологический прогресс, экологический регресс, экологическая модуляция.

Слабое загрязнение водоема ведет к усложнению экологической структуры сообщества зообентоса, т.е. к их экологическому прогрессу. Такое направленное усложнение экологической структуры донного сообщества мы наблюдаем во многих загрязненных водоемах или в отдельных их районах: участки оз. Байкал в зоне воздействия целлюлозно-бумажного комбината, Кондопожская и Петрозаводская губы Онежского озера, Ладожское, Псковско-Чудское озера, Выгозеро, Пертозеро, Кончезеро, реки Даугава (Качалова, 1974; Соколова, 1968, 1978; Соколова, Полякова, 1975 и др.). Сюда следует отнести ряд малых озер Северо-Запада СССР, в которых проводятся интенсивные рыбохозяйственные мероприятия с внесением минеральных удобрений (Гордеев, Попченко, 1978).

Среди их донных сообществ заметно увеличение разнообразия: возрастает количество видов, их численность, соответственно усложняются межвидовые отношения, увеличивается пространственное разнообразие структуры сообщества, повышается устойчивость к внешним факторам. Как правило, уровень трофности таких водоемов несколько повышается, особенно при азотной и фосфорной нагрузке или при термальном загрязнении. В составе донных сообществ лидирующая роль принадлежит эвритопным видам из малощетинковых червей (тубифицидам), двустворчатых моллюсков и личинок хирономид. Биомасса бентоса, как правило, достигает высоких показателей (в малых и средних озерах нередко достигает десятков грамм на квадратный метр), продукция также значительна.

Дальнейшее увеличение уровня антропогенного воздействия на водоем ведет к упрощению экологической структуры донных сообществ или к их экологическому регрессу. Сообщества бентических животных при такой техногенной нагрузке адаптивно реагируют на изменения абиотичес-

ких условий посредством системы регуляторных механизмов, достигая относительного соответствия своего метаболизма характеру изменяющихся условий обитания (Абакумов, 1981).

Это характерно водоемам, подверженным антропогенному воздействию на примере озера Севан, Большой губы Онежского озера, рек Днестра, Шуи, Суны, Чапаевки, Северной Двины, крупных водохранилищ Рыбинского, Волгоградского, Саратовского, Братского, Днепровского каскада (Буторин, Манаков, 1984; Акиншина и др., 1981; Константинов, Митропольский, Попченко, Соколова, 1984; Соколова, 1968, 1974; Ярошенко, Владимиров и др., 1981 и др.). Для их донных сообществ свойственны некоторые общие черты: число видов становится меньше, соответственно и межвидовые отношения упрощаются, пространственная структура сообщества упрощается. При этом неуклонно растут количественные показатели бентоса за счет немногих видов, преимущественно эврибионтных. Продукция достигает высоких величин. Большое развитие получают олигохеты (в прибрежье - *Stylaria lacustris*, виды родов *Nais*, *Chaetogaster*, а в открытых участках *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Tubifex tubifex*, *Potamothrix hammoniensis*, *Isochaetides newaensis*, *I. michaelsoni*, хирономиды из родов *Chironomus*, *Procladius*).

Промежуточное положение между экологическим прогрессом и экологическим регрессом занимает экологическая модуляция. На таком уровне антропогенного воздействия находятся сообщества зообентоса ряда озер Северо-Запада СССР - Юлимисте, Виданламба, Линдаламба, некоторые районы Псковско-Чудского озера (Гордеев, Попченко, 1978; Тимм, Тимм и др., 1979). В составе их донной фауны сообщества постепенно перестраиваются структурно: изменяется состав фауны, сменяются доминирующие и субдоминирующие виды, на первый план выступают олигохеты и хирономиды.

Более высокий уровень загрязнения водоемов приводит к заметному снижению интенсивности обменных процессов меж-

ду донными организмами и внешними условиями. Если в дальнейшем не прекратить антропогенную нагрузку на водоем, уровень загрязнения приблизится к пределу адапционных возможностей донных сообществ, наступит явление метаболического регресса. Это водоемы, расположенные в зоне крупных источников загрязнения (токсического), водоемы - охладители АЭС. Биологическая активность сообществ донных беспозвоночных в этих условиях резко снижается, наступает гибель донных животных и, как следствие, разрушаются сообщества.

Если же уровень антропогенного воздействия повышается, то постепенно формируется временное сообщество. Биофондом его служат наиболее адаптированные к сильному загрязнению единичные виды олигохет, нематод, сохранившиеся в донных отложениях и среди твердого субстрата у уреза вод, а в зарослях прибрежно-водных макрофитов - брюхоногие моллюски. Другой наиболее мощный источник формирования сообществ зообентоса - заселение водоема или водотока вторичноводными организмами из соседних водоемов (личинками хирономид, хаборуса, кулицид, мух и т.п. Все эти беспозвоночные, как правило, обладают коротким жизненным циклом (олигохеты семейств Naididae и *Lumbriculus variegatus*). Численность и биомасса их популяций чрезвычайно низки, продукция незначительна. Часть организмов временного сообщества, не способная адаптироваться к тяжелым условиям интоксикации, элиминируется.

Снятие антропогенной нагрузки на водные объекты или нейтрализация вредных воздействий постепенно возвращают донные сообщества к их первобытному состоянию по обратному пути протекания вышеназванных процессов. Это хорошо иллюстрировано на примере малых озер-лаб южной Карелии (Кончезерской системы, группы Вешкелецких, Кроншозерских - в прошлом интенсивно обрабатываемых ядохимикатами и минеральными удобрениями), озер Дальнего Востока, прудов накопителей сточных вод ряда комбинатов целлюлозно-бумажной промышленности. Наи-

более губительно влияние вредных веществ на эндемичную и реликтовую фауну. Препятствуют донные сообщества, в состав которых входили эти организмы, практически не восстанавливаются. Сообщества приобретают совершенно иную экологическую структуру с другими доминантами и субдоминантами, с новыми межвидовыми и внутривидовыми взаимоотношениями и с иным характером энтропии. Отмеченная схема метаболического прогресса и метаболического регресса донных сообществ нами прослежена в течение длительного периода на малых озерах южной Карелии. Эти процессы закономерны.

Использование этих закономерностей в системе контроля состояния водных объектов и управления ими имеет большое значение. Они применимы при прогнозах характеристик водных экосистем в условиях системного нарастающего загрязнения или при констатации ситуации, чтобы по состоянию донных сообществ определить, в каком направлении будут протекать в них метаболические процессы. Отмеченная схема метаболического прогресса и метаболического регресса донных сообществ сложна и трудоемка в построении: требует глубокого интенсивного и экстенсивного познания структуры сообществ в многолетнем ряду исследований.

В условиях все большего усложнения взаимоотношений природы и общества необходимо совершенствование системы контроля и управления состоянием водных экосистем. Первостепенное значение при этом имеет разработка единой системы экологической оценки благополучия поверхностных вод. Однако в условиях высокой степени сложности природных экосистем и многообразия водных объектов эта задача значительно усложняется.

Определение инвариантных состояний биоценозов зообентоса осуществляется на основании карточек первичной обработки проб, куда заносятся данные по фауне, ее количественных показателях, доминирующие и субдоминирующие организмы по биомассе.

Изменение экологической структуры

биоценозов донной фауны и перехода их в новое качественное состояние хорошо регистрируется в пространственной или временной динамике, когда анализируются серии проб с различных участков водосборного бассейна, или отобранных в определенном участке в разное время исследований, но по возможности часто. Очевидно, сравнение результатов анализа серии проб в лучшей степени характеризует динамические изменения прогресса и регресса метаболизма и экологической структуры сообществ относительно крайних параметров, не всегда фиксируемых в отдельных пробах. Экологические модуляции, не приводящие к изменению инвариантного состояния сообщества, не могут рассматриваться как прогресс или регресс. В качестве критериев состояния в этом случае отмечается лишь тенденция изменений.

Метод определения инвариантных состояний биоценозов донной фауны, дальнейшее его усовершенствование и детализация позволяет преодолеть фаунистические, таксономические различия в водоемах разных регионов, разных географических широт. Он характеризует реально происходящие в водных экосистемах процессы утилизации органического вещества.

Как показано в работах В.А. Абакумова (1981, 1983 и др.), В.А. Абакумова, Н.П. Бубновой (1979), В.И. Попченко (1988, 1989) и др., на основании изменения структуры биоценозов зообентоса под воздействием антропогенного загрязнения можно установить критерии допустимого состояния водных экосистем трех категорий (или классов):

- 1) чистых водоемов, преимущественно заповедных или уникальных объектов;
- 2) слабо загрязненных водоемов, испытывающих умеренную антропогенную нагрузку;
- 3) сильно загрязненных водоемов с сильно преобразованными экосистемами.

Слабо загрязненные водные объекты (водоемы первой категории) не допускают даже незначительных экологических модификаций своих экосистем. Для водных экосистем второй категории, находящихся в

условиях антропогенной нагрузки, не допустимы экологические модификации, ведущие к экологическому регрессу. При сильно возрастающей антропогенной нагрузке на водоемы (третья категория водных объектов) не допустимы экологические модификации их водных экосистем, ведущие одновременно к экологическому и метаболическому регрессу.

Использование экологических модификаций в биоиндикации качества водных объектов имеет высокие разрешающие возможности, значительно превышающие уровень оценки качества вод традиционными методами, т.к. даже слабые экологические модификации имеют достаточно высокие чувствительные функции.

Мониторинг по функциональным показателям состояния водных сообществ

Загрязнение водоема приводит к нарушению трофических связей экосистемы, к изменению «экологических эффективностей» отдельных популяций и трофических уровней в целом. Показатели этих изменений практически не поддаются структурной характеристике, что не позволяет дать оценку экологического благополучия системы. В связи с этим необходим функциональный подход к оценке состояния любого водного объекта, водных экосистем, функциональные показатели позволяют регистрировать отклонения в состоянии экосистемы даже при незначительных воздействиях, например, на начальных стадиях евтрофирования водоема (Верниченко, Старко, 1982). Эти характеристики можно представить в цифровой форме, что имеет большое значение при оценке эффективности контроля за качественным состоянием вод. Различными исследованиями предложено немало функциональных характеристик состояния водных экосистем, однако применение их на практике до сих пор необъяснимо ограничено. Здесь следует упомянуть величину отношения общего дыхания сообществ водных беспозвоночных (R) к его суммарной биомассе (B), характеризующую степень упорядоченности системы: $K = R/B$.

Достаточно хорошим показателем увеличения загрязнения экосистемы является отношение продукции донных животных (Р) к их биомассе (В). Коэффициент Р/В чувствительно реагирует на изменение экосистемы: он всегда имеет большее значение в биотопах, подверженных более сильной антропогенной нагрузке. Изменение коэффициента Р/В в зависимости от загрязнения отчетливо прослежено при оценке экологического благополучия отдельных участков Днепра, Оки, Волги, Припяти, Западной Двины, Свислочи и ряда озер.

В качестве показателя благополучия экосистемы в условиях антропогенной нагрузки можно использовать отношение продукции популяции (сообщества) (Р) к энергии, рассеиваемой популяцией (сообществом) в пространство (R), т.е. суммарные траты на обмен: $K = P / R$. Величина K, как правило, увеличивается на участках, подверженных загрязнению, и уменьшается в местах, где достаточно активно протекают процессы самоочищения.

Для широкого использования в практике контроля качества поверхностных вод функциональных характеристик необходимо прежде всего установить градации этих показателей в зависимости от состояния водных экосистем, нормировав указанные величины, и усовершенствовать методы определения некоторых функциональных характеристик, достаточно упростив их.

Значимость и перспективность функциональных характеристик для оценки состояния водных экосистем неопределима. Необходимо объединенными усилиями специалистов различных организаций и разных стран ускорить разработку функциональных показателей для оценки экологического благополучия водных экосистем. С целью долгосрочного прогнозирования необходимо построить типовые модели функционирования водных экосистем при разной степени воздействия антропогенных факторов. Кроме того, надо унифицировать методы по установлению качества воды, используя при этом биоценотический и функциональный подход. На этой основе следует создать единый банк данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абакумов В.А.* Система гидробиологического контроля качества природных вод в СССР. // Актуальные проблемы охраны окружающей природной среды в Советском Союзе и Федеративной Республике Германии. Мюнхен, 1981. С. 491-528.
2. *Абакумов В.А.* Гидробиологический анализ поверхностных вод и донных отложений // Руководство по методам гидробиологического анализа поверхностных вод и донных отложений. Л., Гидрометеиздат, 1983. С. 7-21.
3. *Абакумов В.А., Бубнова Н.П.* Контроль качества поверхностных вод СССР по гидробиологическим показателям // Обнинск: Гидрометеиздат, 1979. 5 с.
4. *Акиншина Т.В., Ербаева Э.А. и др.* Донная фауна Братского водохранилища и особенности ее формирования // IV съезд ВГБО (тез. докл.). Киев. Наукова думка, 1981, Ч. 4. С. 117-119.
5. *Буторин Н.В., Монаков А.В.* Современные представления о биологических ресурсах и качестве воды Волги и ее водохранилищ // Биологич. продукт. и качество воды Волги и ее водохранилищ. М., 1984. С. 20-25.
6. *Верниченко А.А., Старко Н.В.* Перспективы использования показателей в системе контроля за состоянием водных экосистем // Контроль качества природн. и сточных вод. Харьков, 1982. С. 14-20 (Сб. научн. трудов ВНИИВО).
7. *Герд С.В.* Биоценозы бентоса больших озер Карелии // Тр. Карело-финского госуниверситета. Петрозаводск, 1949. Т. 4, 197 с.
8. *Гордеев О.Н., Попченко В.И.* Донная фауна // Рыбохозяйств. результ. удобрен. малых лесных озер Северо-Запада РСФСР. Петрозаводск: Петрозав. госуниверситет, 1978. С. 65-89.
9. *Зверева О.С.* Особенности биологии главных рек Коми АССР в связи с историей их формирования. Л., Наука, 1969. 279 с.
10. *Качалова О.Л.* Изменения донной фауны устьевого района р. Даугавы в связи с загрязнением // Факторы самоочище-

- ния устьевого района р. Даугавы. Рига: Зинатне, 1974. С. 90-105.
11. *Кожов М.М.* Биология Байкала. М.-Л.: Наука, 1962, 315 с.
 12. *Константинов А.С., Митропольский В.И., Попченко В.И., Соколова Н.Ю.* Макрзообентос волжских водохранилищ // Биологическая продуктивность и качество воды Волги и ее водохранилищ. М.: Наука, 1984. С. 73-89.
 13. *Попченко В.И.* Закономерности изменения сообществ донных беспозвоночных в условиях загрязнения природной среды // Научн. основы биомониторинга пресноводных экосистем. Л.: Гидрометеиздат, 1988. С. 135-141 (Тр. советско-французск. симпоз.).
 14. *Попченко В.И.* Водные малощетинковые черви северной Европы (фауна, зоогеография, экология, биология, функциональная роль в водных экосистемах). Т. 1. Диссерт. ... учен. степени докт. биол. наук. Киев, 1989. 506 с.
 15. *Попченко В.И., Александров Б.М.* Донная фауна Онежского озера и ее биоценозы // Пресноводн. гидробионты и их биол. Л.: Наука, 1983. С. 102-126.
 16. *Соколова В.А.* Влияние стоков ЧБК на донную фауну устьевого части р. Северной Двины // Биологические ресурсы Белого моря и внутренних водоемов Карелии (тез. докл.). Петрозаводск, 1968. С. 85-87.
 17. *Соколова В.А.* О донной фауне Большой губы Онежского озера. // Охрана и использование водных ресурсов Карелии. Петрозаводск, 1974. С. 168-178.
 18. *Соколова В.А., Полякова Т.Н.* Бентофауна Кондопожской губы. // Водные ресурсы Карелии и их использование. Петрозаводск, 1975. С. 117-132.
 19. *Тимм Т., Тимм В. и др.* Зообентос озера Юлемисте. // Гидробиологические исследования УШ. Таллинн, 1979. С. 66-73.
 20. *Ярошенко М.Ф., Владимиров М.З. и др.* Современное состояние продуктивности экосистемы Нижнего Днестра в условиях антропогенного воздействия. // IV съезд ВГБО (тез. докл.). Киев: Наукова думка, 1981. Ч. 4. С. 179-180.

USAGE OF GROUND INVERTEBRATES COMMUNITIES FOR BIO-MONITORINGS OF FRESH WATERS

© 1999 V.I. Popchenko

Institute of Ecology of the Volga River Basin of the Russian Academy of Sciences, Togliatti

Mainly the control of water ecosystems condition is carried out by their physic-chemical and economic characteristics (i.e. from the viewpoint of water suitability for usage). However, during the monitoring process it is also necessary to use biological parameters: the structure of ground communities, the ratio of separate groups in fauna and numerical growth of these groups. The biological parameters should be considered as structural characteristics for bio-indication purposes.

УДК 581.562.52.(4770)

СМЕНЫ КУСТАРНИКОВЫХ И ЛЕСНЫХ СООБЩЕСТВ В ДОЛИНЕ НИЖНЕЙ ВОЛГИ

© 1999 В.Б. Голуб

Институт экологии Волжского бассейна РАН, г. Тольятти

Рассмотрены сукцессионные ряды смен древесных и кустарниковых сообществ в Волго-Ахтубинской пойме и дельте р. Волги. Проанализированы факторы, определяющие эти смены.

К настоящему времени с использованием методики направления Браун-Бланке разработана классификация лесных и кустарниковых сообществ долины Нижней Волги, под которой подразумевается Волго-Ахтубинская пойма и дельта р. Волги [3, 27]. Эта классификация охватывает сообщества с доминированием *Salix alba*, *S. triandra* и *Populus nigra* (класс *Salicetea purpureae* Moor 1958), *Ulmus laevis* и *Quercus robur* (класс *Quercio-Fagetea Br.-Br. et Vlieger in Vlieger* 1937). Целью настоящего сообщения является анализ смен этих сообществ, без которых характеристика лесной и кустарниковой растительности рассматриваемого региона будет неполной.

Лесные и кустарниковые сообщества в долине Нижней Волги тяготеют к приустьевому - наиболее динамичному элементу ландшафта поймы реки. Более 100 лет назад С. Конардов [7] отметил, что положение местообитаний в долине Нижней Волги относительно русла водотока, а также особенности аллювиальной деятельности реки определяют состав древесных растительных сообществ и их смены. Причем, сами растительные сообщества, задерживая аллювий, играют не последнюю роль в изменении условий среды своих местообитаний. Поэтому сукцессии в приустьевые реки имеют смешанный аллогенно-автогенный характер.

Пространственное положение древесных растительных сообществ относительно русла реки во многом (но не во всем) отражает временные изменения этих растительных сообществ в процессе развития пойменного ландшафта. Попытки установления влияния развития пойменного рельефа на состав древесных сообществ северной части Волго-Ахтубинской поймы были сделаны Г.И. Лакиным [8-10]

и Н.С. Шингаревой-Поповой [22]. Они считали, что пионерной кустарниковой растительностью в северной части Волго-Ахтубинской поймы в приустьевые являются сообщества с доминированием *Salix triandra*¹. Если оперировать синтаксономическими единицами нашей классификации, то это были сообщества близкие к субасс. *Bidenti frondosae-Salicetum triandrae typicum Golub et Kuzmina* 1996. Аккумулируя аллювий, эти фитоценозы играют активную роль в наращивании образующегося берега. Далее, следуя названным авторам, смены сообществ идут двумя путями: при отложении тяжелого илистого аллювия развиваются сообщества с доминированием *Salix alba*, при песчаных отложениях - *Populus nigra*. Каждый из этих видов входит в две разные группы сообществ. Первый - в ассоциации *Euphorbio palustris-Salicetum albae Golub et Kuzmina* 1996 и *Plantagini-Salicetum albae Golub et Kuzmina* 1996, второй - в ассоциации *Achilleo septentrionalis-Populetum nigrae Golub et Kuzmina* 1996 и *Glycyrrhizo glabrae-Populetum nigrae Golub et Kuzmina* 1996. Экотопы последней ассоциации, отодвигаясь в процессе развития пойменного ландшафта от активного русла вглубь поймы, начинают заноситься сверху более тяжелым по механическому составу аллювием; дренаж их ухудшается, происходит накопление солей в почве. Это приводит к смене ассоциации *Glycyrrhizo glabrae-Populetum nigrae* ассоциацией *Poo angustifoliae-Ulmetum Golub et Kuzmina* 1997, а последняя, в свою очередь, замещается ассоциацией *Poo angustifoliae-Quercetum roburi Golub et Kuzmina* 1997.

Несомненно, что эта схема смен сообществ в северной части Волго-Ахтубинской поймы даже для своего времени значительно упростила реальную ситуацию. Накопленные дополнительные данные, с учетом появившихся новых

факторов, воздействующих на растительность в низовьях Волги, позволяют откорректировать и дополнить ее. Коррекцию надо начать с того, что у Лакина и Шингаревой-Поповой преувеличена роль механического состава аллювия в детерминации развития фитоценозов на месте ассоциации *Bidentifondosae-Salicetum triandrae*. Существуют мнения, что *Populus nigra* растет лучше не на песчаных почвах, а на суглинистых [18]. Не менее важным фактором, определяющим развитие сообществ с доминированием *Populus nigra*, является отсутствие длительного застоя воды после окончания половодья. Прав был также П.С.Погребняк [17], заметивший, что наиболее благоприятные для *Populus nigra* условия создаются там, где песчаная с поверхности почва подстилается слоистыми наносами, в которых есть и илистые слои. Вероятнее всего, что целый комплекс факторов, некоторые из которых могут быть еще неизвестны, определяют, будут ли развиваться на месте ассоциации *Bidentifondosae-Salicetum triandrae* фитоценозы с доминированием *Salix alba* или *Populus nigra*. Нельзя также согласиться и с тем, что фитоценозы с доминированием *Salix triandra* представлены только как пионерные сообщества в приустьевых активными водотоками на песчаной почве. Такие сообщества существуют и вдали от активных русел в центральной части поймы, по берегам пойменных озер и временных водотоков с более тяжелыми по механическому составу почвами. Эти сообщества относятся к субассоциации *Bidentifondosae-Salicetum triandrae caricetosum acutae* Golub et Kuzmina 1996.

Совершенно очевидно, что уже не менее 120-150 лет не существует естественной смены сообществ с доминированием вяза (асс. *Poo angustifoliae-Ulmetum*) сообществами с доминированием дуба (асс. *Poo angustifoliae-Quercetum roburi*). С тех пор, как за дубовыми лесами Волго-Ахтубинской поймы стали наблюдать лесоводы, отмечающие иногда наличие довольно обильных всходов дуба, никто не фиксировал естественного семенного возобновления этих лесов [1,6,16]. Связывали это с интенсивным пастбищным и сенокосным использованием Волго-Ахтубинской поймы. Но нельзя согласиться с этой точкой зрения. В лесничествах Волго-Ахтубинской поймы существовали и до сих пор существуют охраняемые участки дубо-

вых лесов с минимальным влиянием выпаса скота. И на этих участках естественного семенного возобновления дубовых лесов не отмечают. Видимо, давно уже изменились климатические и гидрологические факторы, которые предоставляли возможность таким сменам. Дуб в Волго-Ахтубинской пойме находится на южной границе своего ареала. Даже небольшое изменение в прошлом какого-либо фактора в сторону, еще более удаляющую популяцию дуба от его экологического оптимума, создало условия, когда этот вид уже не смог возобновляться естественным образом. Поэтому сообщества асс. *Poo angustifoliae-Quercetum roburi* в Волго-Ахтубинской пойме следует считать реликтовыми. Вероятно также, что и лесные сообщества асс. *Poo angustifoliae-Ulmetum* также уже не приходят ни на место сообществ асс. *Glycyrrhizo glabrae-Populetum nigrae*, ни на место асс. *Achilleo septentrionalis-Populetum nigrae* Golub et Kuzmina 1996. Незначительная площадь, занимаемая асс. *Poo angustifoliae-Ulmetum*, являющейся пограничной между сообществами кл. *Salicetea purpureae* и сообществами кл. *Querceto-Fagetea*, также может свидетельствовать, что естественного ряда смен, идущих в направлении асс. *Glycyrrhizo glabrae-Populetum nigrae* → асс. *Poo angustifoliae-Ulmetum* → асс. *Poo angustifoliae-Quercetum roburi* уже не существует.

Значительная коррекция схемы Лакина-Шингаревой-Поповой требуется и в связи с воздействиями на растительный покров новых факторов. В результате интродукции в низовья Волги кустарника *Amorpha fruticosa* субассоциация *Bidentifondosae-Salicetum triandrae caricetosum acutae* стала замещаться ассоциацией *Carici melanostachyae-Amorphetum fruticosae* Golub et Kuzmina 1996. А интродукция *Fraxinus pennsylvanica* стала причиной замещения ассоциаций *Euphorbio palustris-Salicetum albae* и *Plantagini-Salicetum albae* ассоциацией *Salici albae-Fraxinetum pennsylvanicae* Golub et Kuzmina 1996 (рис. 1).

Лесоводы считают, что значительное влияние на смены древесных растительных сообществ кл. *Salicetea purpureae* в Волго-Ахтубинской поймы оказало искусственное регулирование водного стока, осуществляемое каскадом волжских водохранилищ. В результате отстоя воды в водохранилищах твердый сток в низовьях Волги сократился [12], скорость развития

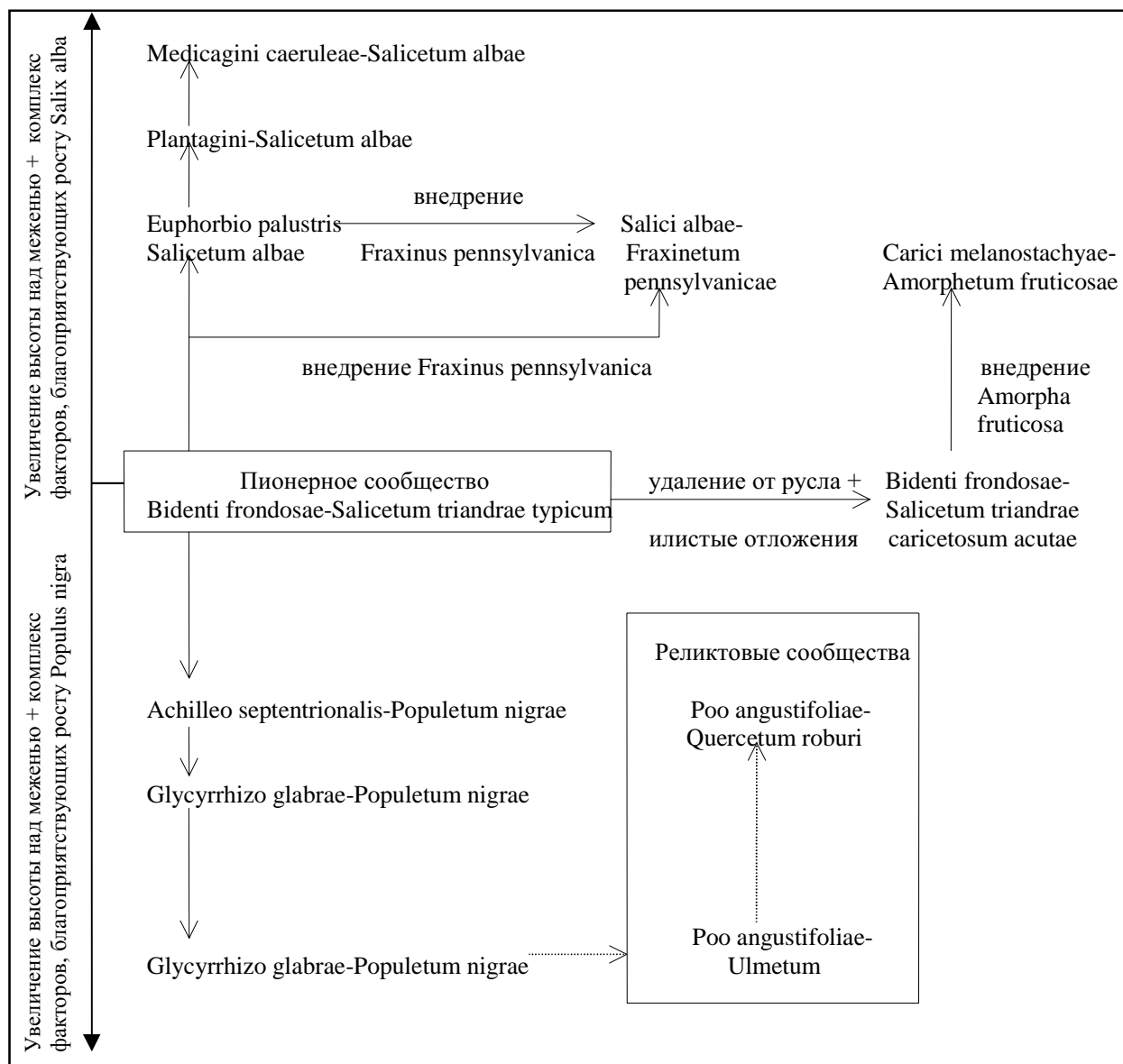


Рис. 1. Современная схема смен кустарниковых и древесных сообществ в северной части Волго-Ахтубинской поймы. Пунктиром обозначены несуществующие в настоящее время сукцессионные связи

рельефа долины уменьшилась [4]. Повышенные меженные уровни летом и зимой вызывают длительное затопление и увеличение глееобразовательных процессов в почве на экотопах, занятых сообществами ассоциации *Euphorbio palustris-Salicetum albae* и *Achilleo septentrionalis-Populetum nigrae*. Было отмечено, что сложившееся в зарегулированных условиях водного стока очень длительное затопление экотопов с сообществами подсоюза *Asparago-Salicenion albae* Golub et Kuzmina 1996, приводит к увеличению рН почвенного раствора с вероятным образованием сульфидов и соды, токсичных для корневых систем *Populus nigra* и *Salix alba* [11, 23, 24]. Возможно, что в этих условиях *Fraxinus pennsylvanica*, корневая система которого отличается высокой устойчивостью к анаэробным

условиям [5], оказался более конкурентноспособным чем *Salix alba*. Кроме того, зимние затопления экотопов сообществ кл. *Salicetea purpureae* приводят к механическим повреждениям кустарников и деревьев, нарушая ход естественных смен [13, 14]. Поэтому в зарегулированных условиях водного стока гораздо чаще чем раньше, древесные сообщества этого порядка на любой из стадий естественных сукцессионных смен могут сменяться травянистыми сообществами. Однако, возможно лесоводы несколько преувеличивают отрицательное влияние зарегулирования водного стока на лесные сообщества кл. *Salicetea purpureae*. И до зарегулирования речного стока в низовьях Волги периодически фиксировались массовые усыхания *Salix alba* [2].

Определенный вклад в нарушение естественного хода смен оказывает увеличившееся в последние 2-3 десятилетия рекреационное использование лесов Волго-Ахтубинской поймы.

Вниз по течению Волги генетический ряд смен древесных сообществ, связанный с возрастом островов, упрощается: в южной части Волго-Ахтубинской поймы исчезают сообще-

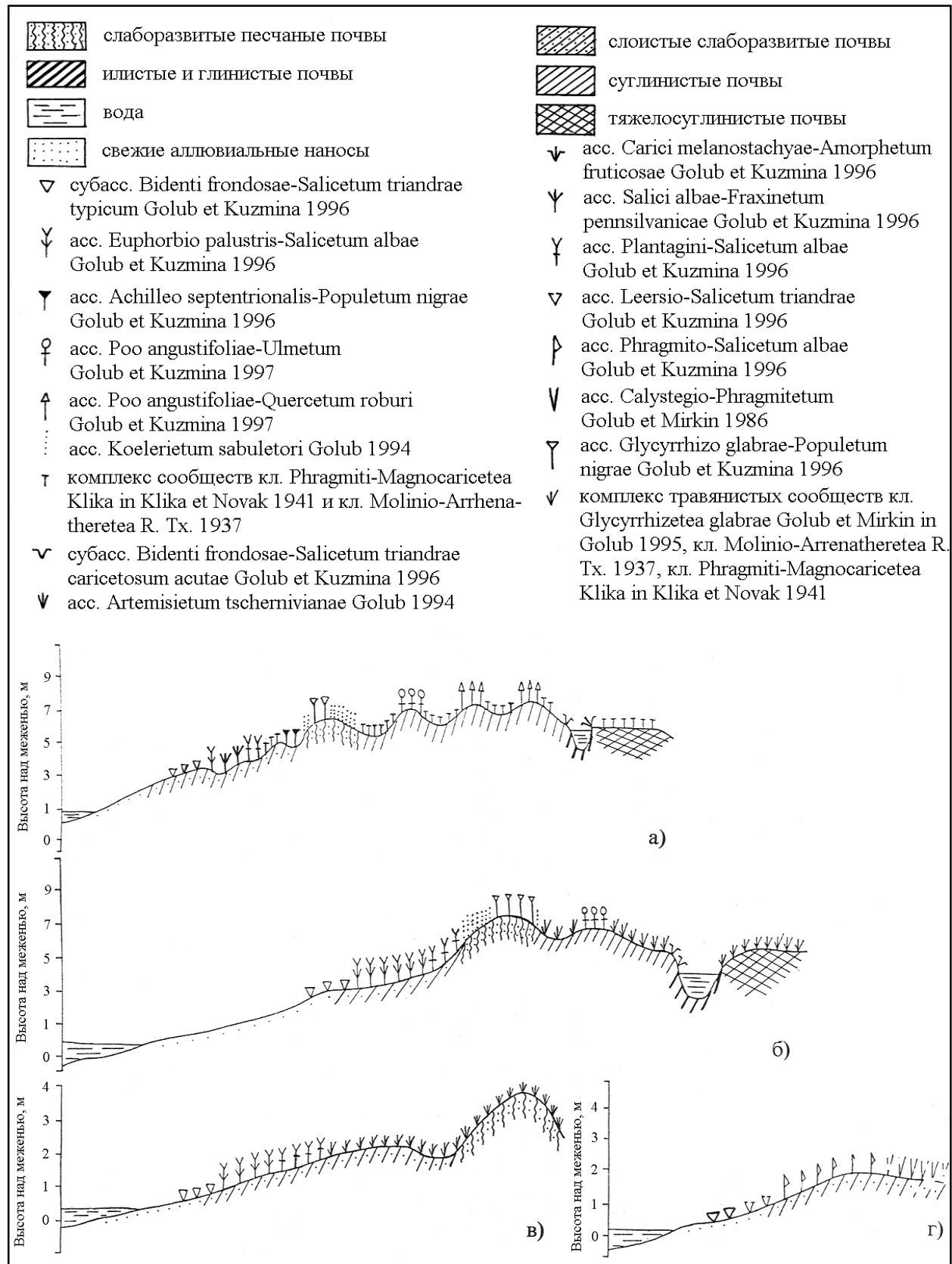


Рис. 2. Схематические профили размещения лесных и кустарниковых сообществ в долине Нижней Волги в районе: а) Волгограда, б) Енотаевки, в) Астрахани, г) Астраханского заповедника

ства кл. *Quercus-Fagetea*, а в дельте - леса с доминированием *Populus nigra*. Появляющиеся в нижней части долины Нижней Волги сообщества кл. *Nerio-Tamaricetea Br.-Bl. et Bolos 1957* уже не так тесно связаны с возрастом отдельных участков островов и особенностью аллювиальных отложений, как сообщества классов *Quercus-Fagetea* и *Salicetea purpureae*.

Некоторые специфические черты имеют смены древесных и кустарниковых сообществ в нижней, приморской, части дельты р. Волги при зарастании вновь образующихся островов. Давая характеристику этим сменам, мы во многом опираемся на работы Н.Л. Чугуновой-Сахаровой [21] и А.Д. Фурсаева [19].

Дифференциация растительности на молодом островке начинается уже в первые три года его жизни. Кустарниковые сообщества суббасс. *Bidentifondosae-Salicetum triandrae typicum* через 2-3 года замещают на повышенных прибрежных участках островов, сложенных песчаным аллювием, сообщества однолетних пионерных сухопутных видов, состоящих из *Dichostilys micheliana*, *Lindernia procumbens*, *Scirpus supinus*, *Cyperus fuscus*, среди которых еще сохраняются прибрежно-водные виды, такие как *Butomus umbellatus*, *Sparganium ramosum*. В таких сообществах много всходов *Salix alba*, *S. triandra*, одно-двухлетних экземпляров *Typha angustifolia*, *T. laxmani*. По мере роста острова в высоту ассоциация *Bidentifondosae-Salicetum triandrae* замещается ассоциацией *Leersio-Salicetum triandrae Golub et Kuzmina 1996*. Через несколько лет *Salix alba*, обычно присутствующая под пологом *S. triandra*, обгоняет в росте второй вид. *S. triandra*, являясь светолюбом, начинает засыхать. С более низких участков островов в это сообщество внедряется *Phragmites australis*. И таким образом, на смену ассоциации *Leersio-Salicetum triandrae* приходит ассоциация *Phragmito-Salicetum albae Golub et Kuzmina 1996*. Эта смена занимает обычно не более пяти лет. Поэтому в нижней части дельты р. Волги, чем дальше от моря, тем реже встречаются сообщества асс. *Leersio-Salicetum triandrae*. Сообщества асс. *Phragmito-Salicetum albae* более долговечны. По мере удаления от моря древостой этой ассоциации изреживается. В результате остается одиночный ряд деревьев, довольно далеко стоящих друг от друга на прирусловых гривах вдоль водотоков. Одиночный ряд старых дуплистых де-

ревьев *Salix alba* вдоль водотоков - характернейшая картина в средней части дельты р. Волги.

В настоящее время в нижней части дельты р. Волги часто можно наблюдать замещение ассоциации *Leersio-Salicetum triandrae* ассоциацией *Rubocaesii-Amorphetum fruticosae Golub et Kuzmina 1996*, которая, по нашим наблюдениям, уже не сменяется ассоциацией *Phragmito-Salicetum albae*. Происшедшее с 1978 г. по 1995 г. повышение уровня Каспийского моря ухудшило условия зарастания кустарниковой и лесной растительностью островов нижней части дельты [15].

Размещение основных выделенных лесных и кустарниковых растительных сообществ относительно межени в различных частях долины Нижней Волги дано на рис. 2. Следует заметить, что для показа более полного ряда сменяющих друг друга сообществ на этом рисунке изображены ненарушенные берега островов. Гораздо чаще, особенно в Волго-Ахтубинской пойме, где выражена интенсивная водная боковая эрозия берегов, встречаются лишь фрагменты таких рядов. Причем современные активные водотоки разрушают сформировавшиеся острова по линиям, направленным под разными углами к фронту их нарастания в прошлом, что усложняет рисунок растительного покрова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасович К. Очерки Астраханского леса // Лесн. журн. 1873. Т. 3. Вып. 4. С. 1.
2. Воронцов А.И. Причины усыхания ветляников Волго-Ахтубинской поймы // Сб. статей по лесовод. 5. М. 1957. Вып. 5. С. 89.
3. Голуб В.Б., Кузьмина Е.Г. Новые данные о синтаксономии и экологии сообществ кл. *Salicetea purpureae Moer 1958* на Нижней Волге. Деп. В ВИНТИ 26.06.96. N 2114-V96. 1996. 74с.
4. Горемыкин В.Я. Прирост края дельты Волги за период зарегулирования стока у Волгограда // Изв. Всесоюз. географ. о-ва. 1970. Т. 102. Вып. 2. С. 166.
5. Доценко О.Г., Ольшевская Е.Е., Сорокина Г.Н. Оценка устойчивости древесных пород к избытку влаги // Бюлл. ВНИИ Агроресурсо-мелиорации. 1991. Вып. 2(63). С. 14.
6. Заусницкий Л. Несколько наглядных замечаний о лесах Астраханской губернии, со-

- стоящих в ведении лесного управления // Журн. Министерства Гос. Имуществ. 1850. N 11. С. 76.
7. *Конардов С.* Произрастание и возобновление леса в займище р. Волги Астраханского края // Лесн. журн., 1892. Т. 22. Вып. 1. С. 50.
 8. *Лакин Г.И.* Леса Волжского займища // Сельскохозяйственный Вестник Юго-Востока. 1913. Т. 3. N 15. С. 9.
 9. *Лакин Г.И.* Волжское займище. Саратов, 1914. 167 с.
 10. *Лакин Г.И.* Леса Волжского займища (Низовья р. Волги). Астрахань, 1915. 167 с.
 11. *Максимов А.Н.* Динамика окислительно-восстановительного потенциала почвы поймы низкого уровня // Бюлл. ВНИАЛМИ. 1986. Вып. 2(48). С. 14.
 12. *Москаленко А.В.* Сток взвешенных наносов в дельте Волги и его изменения в связи с регулированием водного стока // Материалы Всесоюз. науч. конф. по проблеме комплексного использования и охраны водных ресурсов бассейна Волги. Пермь, 1975. С. 185.
 13. *Невидомов А.М.* Состояние лесных фитоценозов Волго-Ахтубинской поймы в связи с интенсивными процессами засоления почв // Бот. журн. 1993. N 12. С. 99.
 14. *Невидомов А.М.* Эколого-фитоценотические закономерности распределения ассоциаций тополевых лесов пойм юго-востока Европейской России // Бот. журн. 1994. Т. 79. N 12. С. 47.
 15. *Русакова Е.Г.* Влияние увеличения водного стока реки Волги и повышения уровня Каспийского моря на состояние растительности низовьев дельты Волги. Автореферат диссерт. кандидата биол. наук. Астрахань. 1998. 23 с.
 16. *Перкин К.А.* Статистическое описание лесов Астраханской губернии // Журн. Министерства Гос. Имуществ. 1861. Т. 76. N 1. С.1.
 17. *Погребняк П.С.* Основы лесной типологии. Киев. 1955. 258 с.
 18. *Трещевский И.В., Кондратьев Н.П.* О лесных культурах Волго-Ахтубинской поймы // Лесоинженерное дело. 1958. N 3. С. 17.
 19. *Фурсаев А.Д.* Материалы к вопросу о сукцессиях лесных ассоциаций в дельте Волги // Тр. Астрахан. гос. заповедника. 1940. Вып. 4. С. 138.
 20. *Черепанов С.К.* Сосудистые растения СССР. Л.1981. 510 с.
 21. *Чугунова-Сахарова Н.Л.* Материалы по изучению дельты Волги и прилегающей предустьевой части Каспийского моря // Лесн. хоз-во Астрахан. губернии. 1927. N 6-7. С. 1.
 22. *Шингарева-Попова Н.С.* Пойменные осокорники и ветловые леса. Ленинград. 1935. 140 с.
 23. *Шульга В.Д.* Анализ новых лесорастительных условий пойм Юго-Востока ЕТС // Бюлл. Всес. научно-исслед. ин-та агролесомелиорации. 1986. Вып. 2(48). С. 4.
 24. *Шульга В.Д., Максимов А.Н.* Влияние засоления почв Волго-Ахтубинской поймы на состояние лесов // Почвоведение. 1991. N1. С. 105.
 25. *Golub V.B.* The desert vegetation communities of the Lower Volga valley // Feddes Repertorium 1994. V.105. N 7-8)- P. 499.
 26. *Golub V.B.* Halophytic, desert and semi-desert plant communities on the territory of the former USSR. 1995. Togliatti. 32 p.
 27. *Golub V.B., Kuzmina E.G.* The communities of cl. Quercu-Fagetea Br.-Bl. et Vlieger in Vlieger 1937 of the Lower Volga Valley// Feddes Repertorium. 1997. V. 108. N 3-4. P. 205.
 28. *Golub, V.B., Mirkin, B.M.* Grasslands of the Lower Volga valley. // Folia geobot. et phytotax. 1986. V. 21. N 4. P. 337.

¹ Названия высших растений даются по сводке С.К. Черепанова [20].

THE CHANGES OF SHRUB AND FOREST COMMUNITIES OF THE LOWER VOLGA VALLEY

© 1999 V.B. Golub

Institute of Ecology of the Volga River Basin of the Russian Academy of Sciences, Togliatti

The successions of shrub and forest vegetation communities on the territory of the Volga-Akhtuba floodplain and Volga delta were considered. The factors, which determine these changes, were analyzed.