

# **ХАРАКТЕРИСТИКИ УРОВНЕЙ ТЕХНОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ВОДНЫЕ ОБЪЕКТЫ**

**Н.В. Коломийцев, Б.И. Корженевский**

ГНУ ВНИИГиМ Россельхозакадемии, г. Москва, Россия

В последние годы качество вод в бассейнах рек после некоторой стабилизации в связи со спадом экономической активности снова начало ухудшаться. Качество воды (КВ) рек представляет собой совокупность свойств, определяющих пригодность водных ресурсов для конкретных видов водопользования и условия существования водных экосистем. Совокупное влияние естественных и техногенных факторов отражается в количестве и ритмике поступления в водные объекты взвесей и растворов различной природы с поверхности водосборов, пространственно-временной изменчивости объема водных ресурсов (вариации гидрологических характеристик).

Естественная компонента КВ испытывает флуктуации во времени в соответствии с особенностями гидрологического режима водных объектов в различных природных условиях. Природные отклонения от региональных «норм» отражают масштабы и частоту возможных изменений качества речных вод при отсутствии техногенного воздействия.

Хозяйственная деятельность изменяет структуру потоков вещества на водосборах и в руслах водотоков, определяет детерминированное или стохастическое изменение КВ. В общем случае она представляет собой суперпозицию частных вкладов водопользователей и водопотребителей. Многообразие антропогенных факторов изменения КВ затрудняет получение оценок роли этих факторов вследствие комплексного характера их воздействия на водотоки. Одни из этих факторов влияют на состояние водосборных пространств и поступление в реки возрастающего количества веществ различной природы, другие воздействуют на водоносность и гидравлический режим водотоков, условия смешения водных масс. Оценка влияния отдельных техногенных факторов являются основой для разработки мероприятий по оздоровлению экологической обстановки в пределах крупных территорий или снижению негативного воздействия хозяйственной деятельности на состояние природной среды.

Нередко при анализе изменения КВ учитывается лишь химическое загрязнение рек, поскольку оно способно вызвать серьезные экологические последствия (катастрофы, бедствия или кризисы) вследствие появления в водных объектах токсичных веществ I и II класса опасности. Эти загрязнения оказывают непосредственное влияние на здоровье населения, ограничивают хозяйственное и социальное использование водных ресурсов, радикально изменяют условия развития водной флоры, фауны на локальных участках рек и на большом расстоянии от точечных источников загрязнений.

Для каждого водопользователя характерен специфический состав сточных вод; на их разбавление требуется различное количество чистой воды. Отсюда вытекает вывод о необходимости обобщения данных по поступлению химических загрязнений из различных источников, на основе которого можно прогнозировать изменение КВ на этапах планирования и обоснования проектов, связанных с использованием ресурсов водосборных территорий и малых рек. Не меньшее

значение для обеспечения должного уровня КВ имеет предупреждение избыточного поступления в водотоки химических веществ при сложившейся системе природопользования, изучение региональных и местных особенностей процессов разбавления сточных вод по длине малых рек в условиях продольного увеличения стока.

Наиболее вредное воздействие на КВ оказывает уменьшение стока воды. Безвозвратное водопотребление, вовлечение водных ресурсов и технологические циклы производства, орошение и обводнение территорий - основные факторы уменьшения водоносности рек и ухудшения качества воды. Уменьшение стока малых рек косвенно влияет на увеличение роли химического загрязнения вследствие снижения разбавляющей способности водотоков. Антропогенное уменьшение водоносности рек оказывает и прямое негативное воздействие на экологическую обстановку в руслах и долинах водотоков (Критерии..., 1992).

Изменение КВ вследствие биологического загрязнения зависит от поступления в малые реки коммунально-бытовых стоков, стоков животноводческих комплексов и т.п. Эти стоки опасны в санитарном и эпидемиологическом отношении. Влияние конкретных видов загрязнений на изменение КВ можно оценить различными способами (Методические рекомендации..., 1982; Критерии..., 1992 и др.). В основном они рассчитаны на получение оценок воздействия химического и биологического загрязнения на КВ. В меньшей степени разработаны вопросы количественного учета изменения КВ при поступлении других видов загрязнений в водные объекты. В качестве показателя меры изменения КВ рассматриваются техногенное преобразование потоков вещества различной природы, величина индекса загрязненности вод (ИЗВ), суммарный показатель загрязнения (СПЗ) и другие критерии. Эффективность этих методов определения изменения качества воды зависит от наличия необходимых исходных данных и надежности обоснования характерных диапазонов изменения величины критериев, соответствующих большему или меньшему загрязнению рек, квалификации исполнителей и ряда других субъективных факторов.

Важное место в формировании КВ занимают процессы вторичного загрязнения. Накопление в донных отложениях различных химических веществ при определенных условиях может сопровождаться их переводом в подвижные формы с соответствующими экологическими последствиями не только для малых, но и более крупных рек.

***Влияние состояния территории водосбора на экологическое состояние рек.*** Малые реки в значительной степени определяют гидрологический режим и качество вод крупных и средних рек. Экологическое состояние водосборов малых рек оценивается по степени нарушенности природных комплексов, которая определяется по состоянию почвенного покрова, растительных ассоциаций, по изменениям химического состава почв, растительности, донных отложений, поверхностных и подземных вод, наличию сооружений на территории.

Для оценки современного геоэкологического состояния водосборов малых притоков применяется, как правило, метод ландшафтного профилирования. На ключевых участках закладываются поперечные профили, пересекающие долину реки поперек склона. Ключевые участки выбираются с учетом типов природо-

пользования: сельскохозяйственные территории (пашня, сенокос, выпас), селитебные территории (сельские), автомобильные и железные дороги (зона влияния), а также природный фон (луга, болота, лес). Оценка степени техногенной нарушенности приведена в таблице 1.

Таблица 1 - Геоэкологическое состояние среды водосборов малых рек

| Степень техногенной нарушенности водосбора |                          | Оценка состояния среды |
|--------------------------------------------|--------------------------|------------------------|
| %                                          | градация                 |                        |
| 0 - 10                                     | Практически ненарушенная | Естественное           |
| 11 - 25                                    | Слабая                   | Хорошее                |
| 26 – 60                                    | Средняя                  | Удовлетворительное     |
| Более 60                                   | Сильная                  | Неудовлетворительное   |

На речных водосборах находящихся в естественном состоянии, можно выделить следующие территории, по степени направленности и интенсивности эрозионно-аккумулятивных процессов (Голосов и др., 1991) с нашими дополнениями в связи практическим отсутствием участков без влияния деятельности человека

1) междуречья (плакоры и склоны) со слабым проявлением водной эрозии и аккумуляции, накоплением продуктов дефляции и почвообразовательными процессами; в случае расположения селитебных зон и промышленных объектов в этой зоне эрозионные процессы могут, как стабилизироваться, так и активизироваться,

2) ложбинно-балочная сеть со слабым преобладанием эрозии над аккумуляцией;

3) сеть малых и средних рек, к которой приурочена зона максимального вреза продольных профилей рек и где эрозия существенно преобладает над аккумуляцией; следует не забывать о дамбах и плотинах на этих водотоках – в чашах таких водоемов аккумуляция – основной процесс,

4) крупные реки, осуществляющие в основном транзит наносов; исключение – упомянутые выше чаши водохранилищ,

5) речные дельты с преобладанием процессов аккумуляции.

Исследования В.Н. Голосова (2001) на малых водосборах юга лесной зоны (бассейн Оки) показали, что русел малых рек достигает 7,7% продуктов смыва; тем не менее, это составляет 60% от общего стока наносов самих рек. Вниз по течению и по мере увеличения порядка реки эта доля прогрессивно сокращается, т.е. непосредственного поступления продуктов смыва почв в русла больших рек не происходит или оно крайне незначительно. Частицы наносов руслового генезиса, как правило, – более крупные (песок, гравий, галька), чем частицы наносов, поступающие с водосборных территорий (пылеватые и глинистые частицы).

Одной из важнейших задач эрозионных исследований является оценка эрозионной опасности земель. Эрозионно-опасными мы считаем такие земли, где сочетания природных условий (климат, рельеф, почвы, подстилающие породы, осадки, хозяйственная деятельность) создают возможность проявления эрозии почв при их сельскохозяйственном использовании. Наибольшее распространение в мире получила водная и ветровая эрозии почв, соответственно 56% и 28%, третье место занимает химическая деградация (загрязнение) почв –12%.

При отсутствии экспериментальных данных о смыве почвы по типам рельефа следует использовать морфометрические показатели рельефа в количественном выражении (Романова, 1973). Для этого составляются шкалы балльной оценки каждого показателя. Степень проявления эрозии определяется по следующим 6 группам: 1 – очень слабая, 2 – слабая, 3 – умеренная, 4 – значительная, 5 – сильная и 6 – катастрофическая (табл. 2).

Таблица 2 – Балльная оценка морфометрических показателей рельефа (Романова и др., 1973)

| Категория уклонов поверхности в град. | Коэффициент горизонтального расчленения в кв./км <sup>2</sup> | Глубина местных базисов эрозии, м | Балл | Интенсивность эрозионных процессов |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------|------------------------------------|
| 0...1                                 | 0,0...0,5                                                     | 0...15                            | 1    | очень слабая                       |
| 1...3                                 | 0,6...1,0                                                     | 15...50                           | 2    | слабая                             |
| 3...8                                 | 1,1...1,5                                                     | 50...100                          | 3    | умеренная                          |
| 8...15                                | 1,6...2,0                                                     | 100...200                         | 4    | значительная                       |
| 15...30                               | 2,1...2,5                                                     | 200...600                         | 5    | сильная                            |
| более 30                              | более 2,5                                                     | более 600                         | 6    | катастрофическая                   |

В нижней части вогнутого склона могут отлагаться наносы; в этом случае в расчетах эрозии следует учитывать только длину и уклон части склона, расположенной выше точки, в которой начинается отложение наносов; если же нижняя часть склона круче, чем верхняя, то в расчет следует вводить уклон более крутой части. При "ступенчатом" склоне, на котором чередуются пологие и крутые участки, возможность эрозии резко уменьшается, т.к. террасы замедляют или приостанавливают стекание воды.

Потенциальная опасность развития эрозии почв, прежде всего, определяется крутизной и длиной склонов. Для условий орошения (табл. 3) разработаны градации интенсивности эрозионных процессов в зависимости от уклона и коэффициента горизонтального расчленения (Справочник «Мелиорация и водное хозяйство», Т.6 Орошение, 1990).

Многообразие и сложность почвенного покрова, его особое место в природе и агропромышленном комплексе требует комплексной агроэкологической оценки и группировки для рационального использования земель. Для агроэкологической оценки и группировки земель используют:

- 1) данные мониторинга земель, базирующиеся на результатах последних землеустроительных, почвенных, геоботанических, гидрологических, агрохимических, эрозионных, фитосанитарных и других обследований и изысканий;
- 2) данные о размещении на этих землях сельскохозяйственных культур;
- 3) продуктивность земель за последние 3 — 5 лет.

Таблица 3 - Интенсивность эрозионного процесса в зависимости от уклона коэффициента горизонтального расчленения\*

| Уклон поверхности земли | Коэффициент горизонтального расчленения | Интенсивность эрозионного процесса |
|-------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------|
| 0...0,02                | 0...0,5                                 | Очень слабая                       |
| 0,02 0,05               | 0,6...1                                 | Слабая                             |

|            |           |              |
|------------|-----------|--------------|
| 0,05 0,08  | 1,1...1,2 | Умеренная    |
| 0,09...0,1 | 1,3...1,5 | Значительная |
| более 1    | > 1,6     | Сильная      |

\*) Коэффициент горизонтального расчленения поверхности – отношение длины горизонтали к прямой, соединяющей ее концы

При группировке земель необходимо соблюдать два принципа: - множество почвенных разновидностей должно быть сведено к минимальному числу внутренне однородных групп; - эти группы должны иметь существенные агроэкологические различия.

Для условий малых рек – верхних звеньев бассейнов средних и крупных рек, где пойменные территории развиты локально или отсутствуют и преобладают эрозионные процессы, О.Е. Киселевой (2010) разработана агроэкологическая оценка и проведена группировка земель. Для условий средней и верхней Оки на примере реки Любожихи (правый приток Оки, Московская область) выделены четыре категории земель, близких по рельефным, почвенно-эрозионным, гидрогеологическим и агротехническим условиям и по потребности в проведении мелиоративных работ (табл. 4). Водосбор р. Любожихи по геологическому строению, литолого-минералогическому составу отложений, развитию овражно-балочной сети, глубины эрозионных врезов, лесистости и сельскохозяйственному освоению является типичным лесоаграрным ландшафтом центральной части Русской равнины, входящей в состав Заокского эрозионного плато Среднерусской провинции.

Таблица 4 – Агроэкологическая оценка земель бассейна р. Любожихи

| Категория земель | Крутизна склонов, ° | Тип смывости почв, земли          | Средний многолетний смыл со склонов пахотных земель, м <sup>3</sup> /га * год |                      |
|------------------|---------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|                  |                     |                                   | Южные и западные                                                              | Северные и восточные |
| 1                | < 3                 | Несмытые                          | 2,0 - 10,0...13,0                                                             | 3,0 - 5,0... 8,0     |
| 2                | 3 – 5               | Средне- и сильносмытые            | 25,0 – 26,0                                                                   | 12,0 – 13,0          |
| 3                | 5 - 8               | Сильносмытые                      | > 26,0                                                                        | > 13,0               |
| 4                | > 8 - 10            | Долинно-балочные и овражные земли | Нет пашни                                                                     | Нет пашни            |

#### ***Влияние пойменных территорий на экологическое состояние рек.***

Практически в каждом водном объекте возможен свой механизм переноса загрязнителей и самоочищения. Однако интенсивность каждого из этих процессов определяется морфометрическими и гидрологическими характеристиками и гидрохимическим режимом водоема, видами техногенного воздействия. Особая роль в процессах самоочищения рек принадлежит пойменным территориям.

Почвы пойменных территорий представляют чрезвычайно сложную сорбционную систему, поскольку включают огромное количество минеральных и органических соединений, способных сорбировать ионы и соединения тяжелых металлов. Известно, что пойма реки делится на три части: *прирусловую* – наиболее возвышенную и расчлененную, *центральную* – более протяжённую, занимающую среднюю часть и *притеррасную* – наиболее заниженную и заболоченную часть с

наличием стариц и озёр. Это определяет высокую сложность структуры почвенного покрова пойм.

Таким образом, пойменные территории служат как индикатором состояния вышележащего участка реки (бассейна реки), так и естественным гидролого-геохимическим барьером для нижележащих участков. Поэтому в системе экологического мониторинга речного бассейна учет роли пойменных территорий является необходимым составным звеном, который также позволит более рационально вести сельскохозяйственное использование пойм. Он состоит в следующей последовательности операций:

- ✓ анализ площадного развития морфоэлементов поймы;
- ✓ анализ почвенно-растительного покрова пойм;
- ✓ анализ антропогенного использования пойменных земель;
- ✓ анализ гидрологического режима пойменных территорий;
- ✓ анализ загрязненности пойменных почв.

**Принципы оценки уровней техногенной нагрузки (техногенного воздействия) на водные объекты.** Проблема объективной классификации природных экосистем стала актуальной после того, как начались работы по экологическому картографированию и стационарному изучению экосистем. Именно принадлежность к тому или иному таксону дает основание для ответа на вопрос: изменилась экосистема качественно или осталась в прежнем состоянии с количественными поправками.

Недостаток знаний об экосистемах водотоков, и малых в особенности, не позволяет разработать синтетическую классификацию водотоков по их величине, объединяющую географические, гидрологические, гидродинамические и биологические характеристики. Возникает необходимость выделения эталонных бассейнов рек, более глубокого изучения формирования их экосистем, гидробиологического режима, определения продуктивности, организации мониторинга (Ткачев, Булатов, 2002). Существуют различные подходы к типизации рек на основе учета закономерного изменения гидробиологических характеристик вниз по течению реки и ландшафтных особенностей водосборных бассейнов рек.

В тесном взаимодействии с другими природными объектами реки участвуют в воспроизводстве биотического потенциала территорий; в их руслах, поймах, береговых зонах взаимосвязано функционирует множество водных и околоводных биоценозов. Происходящие изменения режима стока, поступление сточных вод и значительные масштабы применения агрохимикатов способствуют выносу и накоплению в водоприемниках биогенных и взвешенных веществ, соединений тяжелых металлов и пестицидов. В результате коренным образом трансформируются экологические ниши традиционных гидробионтов, изменяется биологическая продуктивность рек и пойм, их хозяйственное и рекреационное значение. Острота проблемы предотвращения дальнейшей деградации речных экосистем предопределяет разработку научных основ классификации уровней техногенной нагрузки в увязке с их экологическим состоянием.

Вопрос о критериях оценки, выделении различных категорий экологического состояния экосистем водных объектов относится к важнейшим теоретическим и методологическим положениям геоэкологии. Не останавливаясь на общих

вопросах, отметим главное с рассматриваемых нами позиций. Реакция экосистем любого ранга зависит от того, в какой мере экологическое состояние окружающей среды адекватно условиям ее гомеостаза (или гомеостазиса). *Гомеостаз – это относительное динамическое постоянство состава и свойств внутренней структуры экосистемы и ее устойчивость по отношению к внешним воздействиям.* Гомеостаз предполагает сохранение устойчивости экосистемы в условиях воздействия ряда факторов. При этом воздействие каждого фактора или их совокупности может быть оценено как минимальное, когда оно не вызывает реакции (возмущения) экосистемы, и максимальное, последствиями которого может быть деградация экосистемы в целом или даже ее гибель и переход по сути в новую экосистему. Диапазон между минимальным и максимальным уровнем воздействия факторов представляет собой «предел толерантности» экосистемы, т.е. тот диапазон изменения уровня воздействия, в пределах которого система способна за счет своих адаптационных возможностей противостоять изменяющему ее внутреннее состояние воздействию.

По мнению авторов (Экологические функции ..., 2000), оптимальной на современном этапе является четырехранговая оценочная структура, разработанная для экосистем Б.В. Виноградовым (Виноградов и др., 1993). Каждому интервалу, характеризующему реакцию живых организмов или экосистемы, должен соответствовать некоторый интервал, определяющий в заданных пределах изменение уровня внешнего воздействия. В этой же четырехранговой схеме его целесообразно градуировать в виде ряда воздействий: «слабое – умеренное – сильное – опасное». В общем виде изложенный подход отражен в таблице 5.

В настоящее время в практической деятельности оценка техногенной нагрузки на водный объект в большинстве случаев определяется как суммарная (результатирующая) нагрузка в самом водном объекте и рассматривается через его загрязнение: воды, донных отложений и почв пойменных земель. *Под техногенной нагрузкой на водные объекты нами понимается любой результат деятельности человека, отразившийся в состоянии экосистемы водного объекта.*

Каждая природно-климатическая зона характеризуется набором типичных экосистем, в том числе и водных, которые функционируют в динамическом равновесии с местным сочетанием факторов среды. Однако механизм этого равновесия изучен недостаточно. Гармония нарушается либо в результате изменения климата и природных катастрофических явлений, либо в результате техногенного воздействия. В большинстве публикаций постулируется мнение, что техногенное воздействие всегда ведет к ухудшению состояния водных экосистем. Тем не менее, известно, что все природные экосистемы развиваются в режиме перманентной адаптации к постоянным изменениям факторов среды, в том числе, и техногенного происхождения.

Таблица 5 – Принципиальная схема взаимоувязанной оценки состояния окружающей среды и экосистемы

| Оцениваемый параметр   | Категории (уровни)     |                       |                         |                           |
|------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|---------------------------|
|                        | I                      | II                    | III                     | IV                        |
| 1                      | 2                      | 3                     | 4                       | 5                         |
| Экосистема<br>(по Б.В. | экологическая<br>норма | экологический<br>риск | экологический<br>кризис | экологическое<br>бедствие |

|                                                                                          |                                                    |                                          |            |                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------|------------|--------------------------------------|
| <i>Виноградову)</i>                                                                      |                                                    |                                          |            |                                      |
| Геодинамическое воздействие                                                              | слабое                                             | умеренное                                | сильное    | опасное                              |
| Геохимическое воздействие, в т.ч.: загрязнение донных отложений<br>(по Н.В. Коломийцеву) | слабое                                             | умеренное                                | сильное    | чрезмерное                           |
| Геофизическое воздействие                                                                | слабое                                             | умеренное                                | сильное    | опасное                              |
| Состояние здоровья человека                                                              | здоровое                                           | напряжение                               | устомление | болезнь                              |
| <b>Условия гомеостаза экосистемы</b>                                                     | <b>не вызывает реакции (возмущения) экосистемы</b> | <b>«предел толерантности» экосистемы</b> |            | <b>разрушение, гибель экосистемы</b> |

Реакция экосистемы зависит от величины и продолжительности изменений факторов среды. Незначительные колебания факторов среды сопровождаются флуктуациями системы – изменениями в пределах диагностических параметров таксона. Изменение массы экосистемы и ее компонентов, соотношения видов в биоценозах остаются в пределах, которые характеризуют данную экосистему. Выход условий среды за пределы оптимального диапазона может изменить видовой состав биоценоза, его продуктивность, соотношение фракций экомассы до такой степени, что экосистема утратит часть прежних диагностических признаков и приобретет признаки другого таксона классификации (Керженцев, 2006).

Реакция экосистемы на изменение факторов среды в сторону минимума и максимума различна. При улучшении условий адаптивная реакция системы не встречает сопротивления и эффект получается максимальный. А при ухудшении условий система включает буферные механизмы, которые сдерживают ее реакцию на неблагоприятную смену условий среды. Функционирование природно-технических информационно-управляемых систем подчинено определенной цели, для достижения которой они имеют набор функциональных блоков, уровней управления и соответствующих уровней информации, корректирующих процесс достижения цели. Целесообразность таких систем определяется общественно-экономическим строем (человеком).

Техногенные факторы и воздействия могут значительно ускорить изменения водных экосистем во времени, поскольку оказывают прямое воздействие на структуру экосистем. При этом техногенные воздействия на ландшафтно-геохимическую систему речного бассейна могут быть как улучшающего, так и ухудшающего характера. Практически всегда поступление загрязнителей со сточными водами, поступление питательных и загрязняющих веществ с поверхностным стоком с сельхозугодий и селитебных зон приводит к ухудшающему воздействию на водные экосистемы. Организация территории с проведением противоэрозионных мероприятий на водосборах, рациональное землепользование на эрозионно опасных землях могут считаться улучшающими воздействиями. Однозначная оценка того или иного вида техногенного

воздействия и его вклада в «улучшение – ухудшение» функционирования экосистем водных объектов зависит от многих условий.

Современные классификации природных экосистем оперируют устойчивыми во времени морфоструктурными параметрами и поэтому позволяют объективно оценивать только изменчивость экосистем в пространстве методом картографирования. Это же справедливо и к картографированию техногенного воздействия и техногенно измененных экосистем. Для оценки изменчивости водных экосистем во времени статичные параметры не пригодны. Здесь нужна другая диагностика и классификация, основанная на динамических показателях, информативных во времени.

Состав и свойства донных отложений являются отражением всей совокупности биологических, химических и физических процессов, происходящих в водоеме и на его водосборе. Накопление минеральных и органических веществ на дне водоемов и удаление их из отложений – один из важных механизмов регулирования содержания этих веществ в водной толще, влияющей на продуктивность водных экосистем и качество воды в них. Как водная толща, так и донные отложения стратифицированы по физико-химическим свойствам и представляют собой чрезвычайно сложную динамическую систему. Большую роль в ней играют населяющие слои воды и отложения организмы, благодаря жизнедеятельности которых обеспечивается круговорот всех главных элементов и трансформация их различных форм, а также осуществляется процесс формирования донных отложений.

При определенных гидрологических и гидрохимических условиях донные отложения могут являться источниками вторичного загрязнения водного объекта, ускорять процессы его эвтрофирования – приводить к ухудшению экологического состояния. Скорость и направленность эвтрофирования природных вод определяются не только соединениями азота и фосфора, но и качественным составом органического вещества, которое поступает с эрозионным стоком с водосборных территорий и формируется в самом водном объекте. При этом многие органические вещества техногенного и биогенного происхождения играют роль стимуляторов в биотических процессах.

Нарушение равновесия эрозионно-аккумулятивных процессов на территории водосбора вызывает изменение продукционно – деструкционных процессов в водном объекте, которые проявляются в накоплении в водной системе органического и минерального вещества, в увеличении темпов осадконакопления и оказывают прямое влияние на состав донных отложений. При этом часто техногенное воздействие на водные объекты носит ухудшающий характер и приводит к техногенному эвтрофированию. Пики интенсивности седиментации сопровождаются пиками развития фитопланктонных сообществ и хорошо коррелируют с эрозионным поступлением органических и минеральных веществ (Мизандронцев, 1990). При определенных внешних факторах среды, такое воздействие может иметь и улучшающий характер. Это особенно характерно для техногенно нагруженных территорий, когда эрозионный сток «разбавляет» загрязненные наносы, поступающие с сопредельных, как правило, высоко урбанизированных земель. Такая ситуация ти-

Таблица 6 – Уровни техногенных нагрузок (ТН) на экосистемы водных объектов  
(Сл – слабый; Ум – умеренный; Сильный – сильный; Чм – чрезмерный)

| Факторы, определяющие уровни ТН |                                |                                | Уровни ТН на экосистемы водных объектов при следующих гидролого-морфологических характеристиках: |                  |                   |                     |
|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-------------------|---------------------|
| Загрязнение водной среды        | Интенсивность склоновой эрозии | Использование пойменных земель | Близкие к естественным                                                                           | Слабо нарушенные | Сильно нарушенные | Чуждые естественным |
| 1                               | 2                              | 3                              | 4                                                                                                | 5                | 6                 | 7                   |
| СЛАБОЕ                          | Очень слабая и слабая          | Нет                            | Сл                                                                                               | Сл               | Сл                | Ум                  |
|                                 |                                | Да                             | Сл                                                                                               | Сл               | Ум                | Ум                  |
|                                 | Умеренная                      | Нет                            | Сл                                                                                               | Сл               | Ум                | Ум                  |
|                                 |                                | Да                             | Сл                                                                                               | Сл               | Ум                | Ум                  |
|                                 | Значительная                   | Нет                            | Сл                                                                                               | Сл               | Ум                | Ум                  |
|                                 |                                | Да                             | Сл                                                                                               | Ум               | Ум                | Сильный             |
|                                 | Сильная                        | Нет                            | Сл                                                                                               | Ум               | Ум                | Сильный             |
|                                 |                                | Да                             | Ум                                                                                               | Ум               | Сильный           | Сильный             |
| УМЕРЕННОЕ                       | Очень слабая и слабая          | Нет                            | Сл                                                                                               | Сл               | Ум                | Ум                  |
|                                 |                                | Да                             | Сл                                                                                               | Ум               | Ум                | Ум                  |
|                                 | Умеренная                      | Нет                            | Сл                                                                                               | Сл               | Ум                | Ум                  |
|                                 |                                | Да                             | Сл                                                                                               | Ум               | Ум                | Ум                  |
|                                 | Значительная                   | Нет                            | Сл                                                                                               | Ум               | Ум                | Ум                  |
|                                 |                                | Да                             | Ум                                                                                               | Ум               | Ум                | Сильный             |
|                                 | Сильная                        | Нет                            | Ум                                                                                               | Ум               | Сильный           | Сильный             |
|                                 |                                | Да                             | Ум                                                                                               | Ум               | Сильный           | Сильный             |

| 1                 | 2                            | 3          | 4              | 5              | 6              | 7              |
|-------------------|------------------------------|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>СИЛЬНОЕ</b>    | <b>Очень слабая и слабая</b> | <i>Нет</i> | <i>Сл</i>      | <i>Ум</i>      | <i>Ум</i>      | <i>Ум</i>      |
|                   |                              | <i>Да</i>  | <i>Ум</i>      | <i>Ум</i>      | <i>Ум</i>      | <i>Сильный</i> |
|                   | <b>Умеренная</b>             | <i>Нет</i> | <i>Сл</i>      | <i>Ум</i>      | <i>Ум</i>      | <i>Сильный</i> |
|                   |                              | <i>Да</i>  | <i>Ум</i>      | <i>Ум</i>      | <i>Сильный</i> | <i>Сильный</i> |
|                   | <b>Значительная</b>          | <i>Нет</i> | <i>Ум</i>      | <i>Ум</i>      | <i>Сильный</i> | <i>Сильный</i> |
|                   |                              | <i>Да</i>  | <i>Ум</i>      | <i>Сильный</i> | <i>Сильный</i> | <i>Сильный</i> |
|                   | <b>Сильная</b>               | <i>Нет</i> | <i>Ум</i>      | <i>Сильный</i> | <i>Сильный</i> | <i>Сильный</i> |
|                   |                              | <i>Да</i>  | <i>Ум</i>      | <i>Сильный</i> | <i>Сильный</i> | <i>Чм</i>      |
| <b>ЧРЕЗМЕРНОЕ</b> | <b>Очень слабая и слабая</b> | <i>Нет</i> | <i>Ум</i>      | <i>Ум</i>      | <i>Сильный</i> | <i>Чм</i>      |
|                   |                              | <i>Да</i>  | <i>Ум</i>      | <i>Сильный</i> | <i>Сильный</i> | <i>Чм</i>      |
|                   | <b>Умеренная</b>             | <i>Нет</i> | <i>Ум</i>      | <i>Сильный</i> | <i>Сильный</i> | <i>Чм</i>      |
|                   |                              | <i>Да</i>  | <i>Сильный</i> | <i>Сильный</i> | <i>Сильный</i> | <i>Чм</i>      |
|                   | <b>Значительная</b>          | <i>Нет</i> | <i>Сильный</i> | <i>Сильный</i> | <i>Сильная</i> | <i>Чм</i>      |
|                   |                              | <i>Да</i>  | <i>Сильный</i> | <i>Сильный</i> | <i>Чм</i>      | <i>Чм</i>      |
|                   | <b>Сильная</b>               | <i>Нет</i> | <i>Сильный</i> | <i>Сильная</i> | <i>Чм</i>      | <i>Чм</i>      |
|                   |                              | <i>Да</i>  | <i>Сильный</i> | <i>Чм</i>      | <i>Чм</i>      | <i>Чм</i>      |

пична для большинства водных экосистем бассейна реки Москвы ниже г. Москвы, реки Клязьмы от г. Щелково до пос. Городищи.

Влияние пойменных земель на состояние водных объектов также двояко. С одной стороны хорошо развитые пойменные земли являются улучшающим фактором. Осаждая большинство взвешенных частиц в период половодья, они способствуют улучшению экологической обстановки ниже по течению, т.е. снижают результирующую техногенного воздействия. Такие примеры многочисленны и в этом главная экологическая роль пойм водных объектов. В то же время, интенсивное сельскохозяйственное использование пойменных земель может и приводит к ухудшению экологической ситуации нижележащих водных экосистем. Это, прежде всего, характерно для сельскохозяйственных территорий, где влияние промышленных сточных и коммунальных вод весьма незначительно. Такая ситуация типична для верховьев бассейна реки Москвы с притоками Руза, Озерна, Истра.

На основании выше изложенного и опыта работы авторов (с 1992 г.) по изучению экологического состояния водных объектов (рек, озер и водохранилищ), анализа реальных экологических ситуаций произведена оценка уровней техногенной нагрузки на водные экосистемы (табл. 6).

Безусловно, для формулирования закономерностей изменчивости водных экосистем во времени при техногенном воздействии необходима обширная и высокоточная база данных, характеризующих процессы массоэнергопереноса в пределах природных и природно-технических водных экосистем. Для этого потребуются новая объективная система экологического мониторинга, включающая системы измерения, оценки и прогноза состояния экосистем во времени.

Современное развитие и внедрение в практику ГИС-технологий дает основание для оптимистического взгляда в развитие подобных исследований. Выше приведенная система является первым опытом в этом направлении.

### **Литература**

1. Виноградов Б.В., Орлов В.А., Снакин В.В. Биотические критерии выделения зон экологического бедствия России // ИЛ РАН. Сер. 5. География, 1993, № 5, с. 77 - 79.
2. Глазовская М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР: Уч. пособие для студ. геогр. спец. вузов. – М.: Высшая школа., 1988. – 328 с.
3. Голосов В.Н. и др. Трансформация стока наносов на водосборах малых рек европейской части СССР / Современное состояние малых рек СССР и пути их использования, сохранения и восстановления. – Доклады секции русловых процессов научного совета ГКНТ, Вып. 2, 1991. – С. 96 - 103.
4. Голосов В.Н. Перераспределение наносов в верхних звеньях флювиальной сети земледельческих регионов: теория вопроса и опыт регионального анализа (на примере равнин умеренного пояса) / Эрозия почв и русловые процессы. Вып. 13. – М., 2001. – С. 94-120.
5. Керженцев А.С. Функциональная экология. – М.: Наука, 2006. – 259 с.
6. Киселева О.Е., Коломийцев Н.В. Противозерозионное обустройство склоновых земель в бассейнах малых рек на основе ГИС-технологий // Природообустройство, 2010, № 1, с.21 - 27.
7. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон

чрезвычайной экологической ситуации для выявления зон чрезвычайной экологического бедствия. – М.: МПР России, 1992. – 58 с.

8. Мелиорация и водное хозяйство. Т.6 Орошение: Справочник под редакцией Б.Б. Шумакова - М.: Колос, 1990. – 445 с.

9. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения поверхностных водотоков химическими элементами. // Составители: Ю.Е. Саэт, Л.Н. Алексинская, Е.П. Янин. – М.: ИМГРЭ, 1982. – 73 с.

10. Мизандронцев И.Б. Химические процессы в донных отложениях водоемов. – Новосибирск: Наука. Сибирское отделение, 1990. – 176 с.

11. Романова Э.П. Опыт мелиоративного картирования эрозионноопасных местностей зарубежных территорий. // В кн.: «Оценка и картирование эрозионноопасных и дефляционноопасных земель» – М.: Изд-во МГУ, 1973. – С. 46-50.

12. Ткачев Б.П., Булатов В.И. Малые реки: современное состояние и экологические проблемы: литобзор / ГПНТБ СО РАН, Серия экология. Вып. 64. – Новосибирск, 2002. – 114 с.

13. Экологические функции литосферы / Под ред. В.Т. Трофимова. – М.: Изд-во МГУ, 2000. – 432 с.