

УДК 551.438.5

УРБОГЕННЫЙ МОРФОЛИТОГЕНЕЗ: ИНЖЕНЕРНЫЕ СВЯЗИ И УПРАВЛЕНИЕ

© 2024 г. Э. А. Лихачёва^{1,*}, И. В. Чеснокова^{2,**}, С. В. Шварев^{1,***}

¹Институт географии РАН, Старомонетный пер. 29, Москва, 119017 Россия

²Институт водных проблем РАН, ул. Губкина 3, Москва, 119333 Россия

*E-mail: likhacheva@igras.ru

**E-mail: ichesn@rambler.ru

***E-mail: sergeyshvarev@mail.ru

Поступила в редакцию 12.10.2023 г.

После доработки 05.06.2024 г.

Принята к публикации 20.07.2024 г.

В развитии и функционировании природной морфолитосистемы главенствующую роль играют процессы влагообмена (водообмена) и механического переноса минерального вещества (литодинамические потоки). Функционирование системы определяется внешними воздействиями и ее внутренними возможностями, в том числе ее морфологической структурой. В настоящее время особое место занимает исследование связей между современным и погребенным рельефом, современными рельефообразующими процессами, с одной стороны, и между архитектурным рельефом и инженерной деятельностью человека, с другой. В статье приводится алгоритм (последовательность) цикла формирования геоэкологических условий городской территории. Показано, что гидрогенные связи и процессы в значительной мере определяют состояние и функционирование антропогенно-геоморфологической системы, и процессы антропогенного морфолитообразования. Они осуществляются поверхностными, грунтовыми и подземными водами. На основе многолетних исследований геоморфологии городских территорий, в частности Москвы, авторами выделены основные признаки антропогенного морфолитообразования урбанизированных территорий. Урбогенный морфолитообразование представляет собой процесс формирования и функционирования антропогенно-геоморфологической системы и урбогенного биогеоценоза.

Ключевые слова: геоморфологический анализ, гидрогенные связи, инженерно-строительный каркас, антропогенно-геоморфологический цикл, подтопление

DOI: 10.31857/S0869780924050011 EDN: QPNNVP

ВВЕДЕНИЕ

Нет сомнений, что развитие человечества в последние столетия вышло на уровень глобального преобразования, что позволило еще в 1902 г. Д.Н. Анучину выделить антропосферу, как результат этого процесса на поверхности Земли [3], В.И. Вернадскому расширить понимание влияния человека на природу до ноосферы [4], а к концу XX в. перейти к вполне определенным временным рамкам этого воздействия в форме начала новой геологической эпохи – антропоцена [19]. В то же время, вполне понятно, что антропосфера – продукт эволюции биосферы, стадия ее развития, равно как и следующий этап – ноосфера [18]. В этом контексте авторы рассматривают город в целом, как новое биосферное образование с повышенной концентрацией населения, резко дифференцированным составом биотических, биокосных и косных компонентов и весьма интенсивной их динамикой и взаимодействием, т.е. как морфодинамическую систему с характерными (присущими) только ей процессами

осадконакопления, выветривания и почвообразования, химического преобразования естественных и искусственных грунтов; как природно-территориальный комплекс, структуру которого определяет сочетание водных, биогенных, морфолитогенных подсистем природного, природно-антропогенного и антропогенного свойств [2].

Главенствующую роль в функционировании природной морфолитосистемы играют процессы влагообмена (водообмена) и механического переноса минерального вещества литодинамические потоки [15]. Функционирование определяется внешними воздействиями и внутренними возможностями системы, в том числе ее морфологической структурой.

Городская территория Москвы характеризуется большой глубиной изменений природной среды под воздействием разнообразных техногенных нагрузок, интенсивного замещения природных комплексов урбокомплексами. Москва в 2012 г. за счет присоединения на юго-западе большой территории Московской области увеличилась

по площади более, чем в 2 раза. И на этой огромной территории идет активное преобразование природного комплекса [1]. Здесь возникли и возникают своеобразные зоны с экстремальными экологическими условиями, с новым типом связей в экосистеме и не контролируемым режимом водообмена, в том числе под влиянием инфраструктуры метрополитена.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ

Геоморфологический анализ направлен на оценку и прогноз рельефообразующих процессов; взаимосвязей между рельефом и инженерными сооружениями (оценку устойчивости), а также установление оптимального уровня техногенной нагрузки на геоморфологическую систему (обеспечение устойчивости). Особое место занимают исследования связей между современным, погребенным рельефом и современными рельефообразующими процессами, с одной стороны, между архитектурным рельефом и инженерной деятельностью человека с другой [2, 9].

Основной концептуальной позицией является представление, что в целом антропогенный морфолитогенез — инженерно-управляемая совокупность процессов формирования, трансформации и адаптации рельефа и поверхностного слоя горных пород (скального или рыхлого субстрата) с заданными свойствами и морфолитодинамическими связями. Возникающая при этом антропогенно-геоморфологическая структура (система) может функционировать только при наличии системы управления, которая представляет собой совокупность мероприятий по организации и регулированию природо-преобразующей деятельности общества. В данном случае управление можно рассматривать и как “руководящую структуру” в системе природопользования и, что важнее, как механизм, регулирующий использование природных ресурсов. В этом случае можно говорить об инженерно-динамическом управлении.

Логика исследования заключается в следующем: антропогенный фактор — существенный природный (синтетический биофизикохимический) компонент — “участник” морфолитогенеза, изменяющий (корректирующий) историко-генетическую направленность развития рельефа и природных условий в целом, что позволяет определить его взаимодействие с другими агентами рельефообразования, как антропогенно-геоморфологический цикл. В данном случае “цикл” следует понимать, как совокупность явлений, процессов, определяющих кругооборот вещества и энергии в течение определенного промежутка времени. На рис. 1 показан алгоритм (последовательность) цикла формирования геоэкологических условий городской территории: изменение природного рельефа и геологической

среды → создание инженерных сооружений → трансформация экзогенного морфолитогенеза и формирование антропогенного → возникновение и формирование урбогенного ландшафта и биогеоценозов, где деятельность человека (людей-общества) — биоактивного участника формирования городской среды и литогенеза, в частности, играет важную роль.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ МОДЕЛИ

Прежде всего, сформулируем наше представление о правилах (структуре) модели управления. Алгоритм управления может быть представлен в следующем общем виде:

анализ → оценка → организация/конструирование → мониторинг → регулирование и регламентация.

Анализ состояния и свойств природной геоморфологической системы направлен на выявление рисков существования инженерно-технического сооружения, как части системы, а также рисков и опасности разрушения природной компоненты — основы антропогенно-геоморфологической системы.

Оценка способности (возможности) антропогенно-геоморфологической системы выполнять определенные хозяйственные заданные функции: условий и сложности строительства; воздействия природных компонентов на инженерные сооружения и сооружений на состояние геоморфологической системы и на устойчивость антропогенно-геоморфологической системы в целом.

Организация (конструирование) и регламентация рационального взаимодействия между техногенными и природными компонентами системы: выбор оптимального варианта с целью сохранения структуры саморегуляции, создания устойчиво функционирующей антропогенно-геоморфологической системы.

Целенаправленное регулирование и предупреждение отрицательных последствий для существования антропогенно-геоморфологической системы на основе мониторинга и динамического моделирования.

Наблюдения (мониторинг) должны осуществляться специальными организациями в пределах границ антропогенно-геоморфологических систем, установленных в результате проектирования с учетом количества осадков, площади водосборов, источников загрязнения и пр. На основе свойств проектируемой антропогенно-геоморфологической системы разрабатываются инженерные водонесущие сети, и определяется режим их работы и контроля функционирования. Несмотря на проводимые наблюдения, компоненты инженерного управления далеко не всегда справляются с задачами предупреждения отрицательных последствий развития данного процесса. Прежде всего, не учитываются изменения площади водосборного

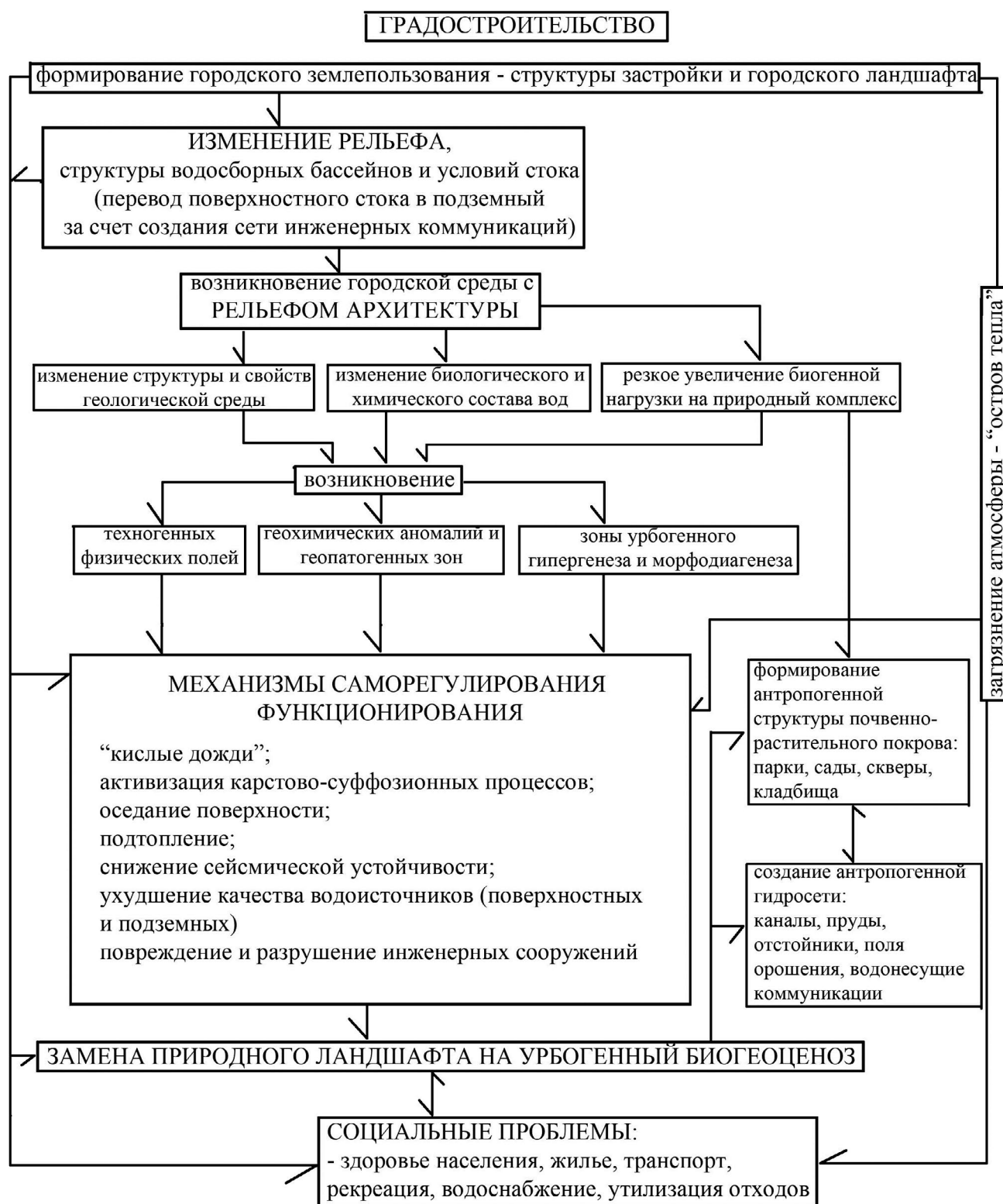


Рис. 1. Схема формирования геоэкологических условий и проблем городских территорий – морфодинамической организованности.

бассейна из-за застройки, закрытости территории, изменения морфологических и морфометрических параметров рельефа и свойств субстрата (уплотнение, искусственное покрытие и пр.) [5, 12].

Обозначенный алгоритм управления в своих отдельных частях используется при проектировании, строительстве и функционировании инженерных сооружений и даже реализуется на законодательном уровне руководящих документов (СНиП, СП). Однако на каждом “шаге” существуют свои проблемы, недочеты, и, в целом, отсутствие связанного природно-технического пространственно-временного комплексного подхода, а в результате следуют катастрофы и спонтанные восстанавливаемые или необратимые перестройки структуры природно-антропогенной системы. Наиболее слабым звеном является неизученность парагенетически взаимосвязанных процессов, интенсивность которых определяется большим числом показателей и характеристик как природных, так и возникающих инженерных связей. В подавляющем числе случаев отсутствует и научно-обоснованная оценка ситуации и тенденций изменения состояний природных, трансформированных природно-техногенных, техногенных компонентов/элементов системы. При анализе данных мониторинга часто не хватает информации для долгосрочных прогнозов. На помощь призваны динамические модели, которые тоже частично построены на логических выводах, а не на количественных данных. Однако логика научных построений все же позволяет сделать прогностические построения и опережающее управление более убедительными. В том числе и предложить преобразования в системе мониторинга, в частности, наблюдений наиболее динамичных и наименее изученных гидрогенных связей.

Гидрогенные связи и процессы в значительной мере определяют состояние и функционирование антропогенно-геоморфологической системы, и процессы антропогенного морфолитогенеза. Они осуществляются и поверхностными, и подземными водами.

Рассмотрим лишь один тип гидрогенных связей — поверхностный (плоскостной) смыв, который является одним из звеньев оборота воды на поверхности Земли (рис. 2). С этим процессом связаны перемещения воды по поверхности, твердых и взвешенных (влекомых) наносов, химическое и биологическое загрязнение, процессы изменения морфометрических и морфологических характеристик склонов (в том числе и провоцируемые интенсивным смывом процессы эрозии, сели, оползни), формирование делювиальных отложений, но нередко и геопатогенных зон. В процессе антропогенного морфолитогенеза кроме атмосферных осадков участвуют техногенные воды: полив улиц и зеленых насаждений, технические воды. В структуру инженерного управления

входят: мелиоративные и дренажные системы, водопропускные и водоотводные сооружения, системы орошения, ливневая канализация, фильтры и пруды-отстойники, механическая очистка. И технические воды, и механические загрязнители поверхности, и биохимические загрязнители грунтов остаются не учтенными в структуре мониторинга. Включение этих характеристик даже на качественном уровне в логическую модель управления позволит принять решения как об инженерных изменениях в структуру управления, так и о внедрении в практику более эффективных систем химической и биологической очистки водных потоков и делювиальных отложений. И, соответственно, поставит на повестку дня научные исследования этого процесса — антропогенного поверхностного сноса.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Город, как природно-территориальный комплекс, сохраняет согласно закону динамического равновесия способность к саморегулированию — сохранять в процессе функционирования состояние, режимы и связи между компонентами.

Механизмы саморегулирования можно представить в схематическом виде. В каждом варианте функционирования осуществляется за счет определенной группы системных связей.

Морфологические связи. Прямые техногенные трансформации рельефа → изменения скорости и направленности геоморфологических процессов → изменения состава грунтов → косвенные изменения рельефа (восстановление равновесия) → корректирование созданного техногенного рельефа и направленности естественного развития рельефа.

Морфодинамические связи. Изменение условий рельефообразования → изменение направленности естественных рельефообразующих процессов → изменения морфолитогенеза → косвенные изменения рельефа → коррекция развития.

Морфоструктурные и морфодинамические связи. Воздействие на литогенную основу → изменение грунтов → активизация геологических процессов → косвенные изменения рельефа → изменение геоморфологических условий.

Наибольшие изменения геоморфологических условий происходят обычно в долинах рек. Здесь изменяется не только морфологический облик и морфометрические характеристики, но и направленность рельефообразующей деятельности реки: нарушается процесс формирования ее поймы и русла, что вызывает нередко катастрофические явления ниже по течению, приводит к существенному изменению гидрогеологических и геоморфологических условий.

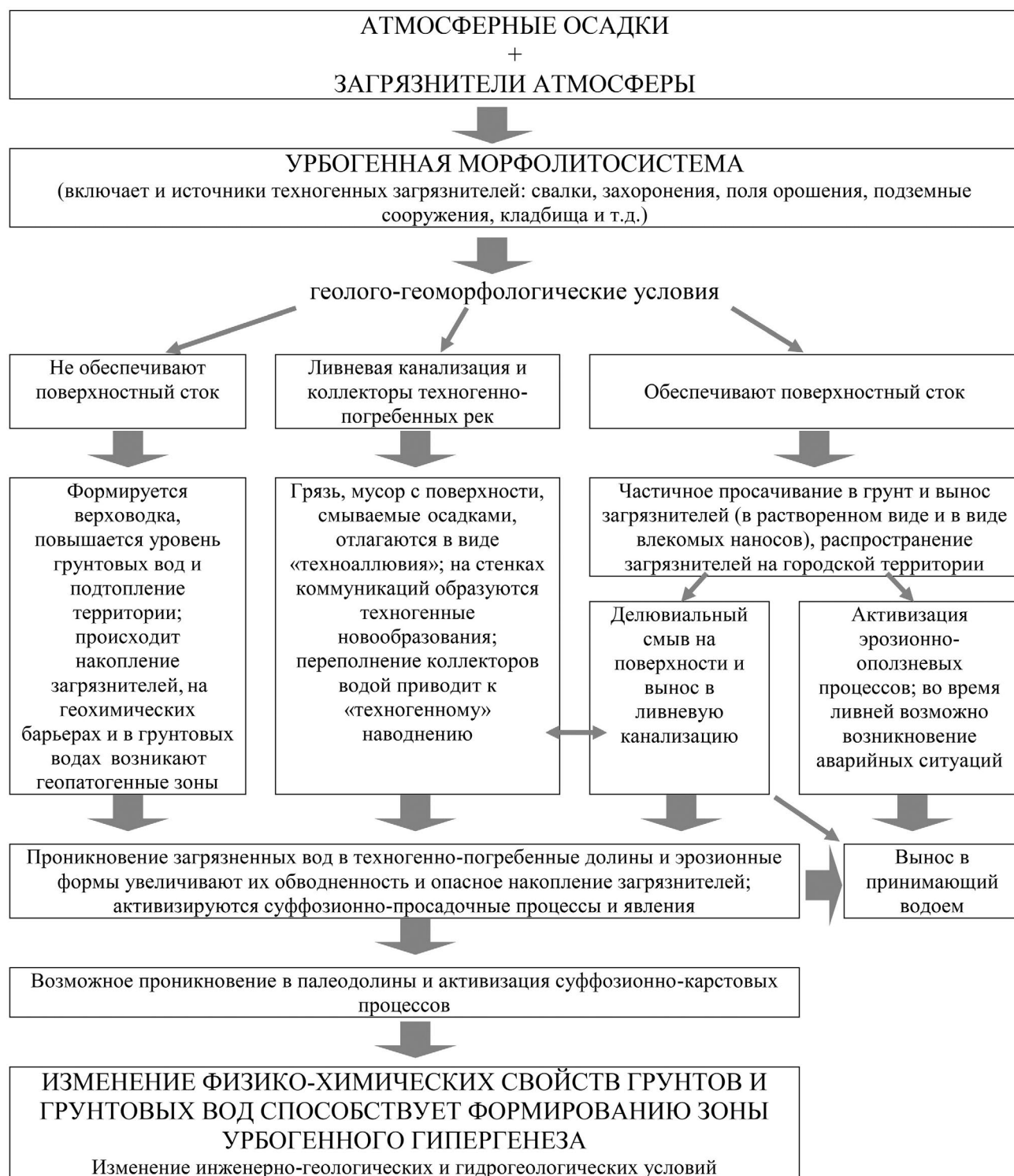


Рис. 2. Схема водообмена на урбанизированной территории: путь атмосферных осадков [2].

Выравнивание поверхности, уничтожение микрорельефа, снижение уклонов, уменьшение глубины и густоты расчленения приводят к снижению энергии рельефа и упрощению структуры водосборных бассейнов. Это, в свою очередь, вызывает уменьшение склонового транзита, поверхностного стока, естественной эрозии; возникают условия

для перенасыщения грунта талыми, дождевыми водами, для появления новых водоносных горизонтов и суффозионно-механических просадок поверхности и провалов [12, 13, 16, 17].

Механизмы саморегулирования приводят, в конечном итоге, к преобразованию природной морфолитосистемы в урбогенную.

Важным доказательством преобразования и свидетельством перехода морфолитосистемы в другой тип является подтопление. Об этом негативном и неизбежном изменении экологических условий (в том числе и гидрогеологических) предупреждал еще полвека назад Ф.В. Котлов [7, 8].

Факты и причины, на основании которых можно говорить о переходе городской территории в гидро-био-геоморфологическую геосистему (на основе данных по Москве):

- увеличение количества осадков с 600 до 700 мм/год;
- ранее наблюдались разливы Москвы-реки и затопление поймы. В настоящее время сток реки зарегулирован, но наблюдаются разливы/затопления во время сильных ливней за счет существенной закрытости территории (асфальт и застройка) и недостаточной пропускной способности ливневой канализации;
- активизация карстово-суффозионных процессов, образование поверхностных провалов, чему способствует изменение уровня подземных вод, загрязнение водоисточников;
- увеличение площади участков со слабыми грунтами за счет распространения процессов техногенного морфолитообразования на глубину до 20 м;
- осушение болот и их мелиорация сопровождаются появлением подтопленных участков с развитием процессов оглеения (около 45% площади города);
- на закрытой территории поверхностный смыв не наблюдается, но на открытой может быть в 10—40 раз больше естественного смыва;
- заполняются естественные и искусственные водоемы, ливневая канализация и заключенные в трубы канализированные погребенные русла малых рек;
- повышение уровня подземных вод на большей части города, увеличение обводненности грунтовой толщи способствуют активизации оплывино-оползневых процессов;
- формирование прудов-отстойников, полей орошения — искусственных заболоченных участков с биологическим загрязнением.

Обработка данных стационарных (режимных) наблюдений уровней грунтовых вод, проведенная А.Н. Маккавеевым и Д.В. Федоровичем [10, 11], показала, что процессы, управляющие формированием многолетнего режима уровня грунтовых вод в естественных условиях, на урбанизированной территории сильно трансформированы, а именно уменьшается динамичность (размах) многолетних колебаний уровней, нивелируются сезонные ритмы. Существенное влияние на гидрогеологическую обстановку оказывают такие антропогенные процессы, как потери в коммуникационных

сетях, засорение ливневой канализации в летнее время и уборка снега в зимнее. В условиях плотной застройки колебания уровней часто определяются литологическим строением четвертичных пород и наличием насыпных техногенных грунтов. На старозастроенных территориях отмечается некоторая стабилизация уровней грунтовых вод. Но точечная застройка, реновация жилья, строительство подземных сооружений метрополитена существенно изменяют гидрогеологическую ситуацию. Подтопление по-прежнему остается наиболее негативным социально-экономическим последствием урбанизации.

На основе многолетних исследований геоморфологии городских территорий, в частности Москвы, можно выделить основные признаки антропогенного морфолитообразования урбанизированных территорий.

Формирование городской геологической среды определяется наличием нетипичных (для природной экосистемы) условий:

- *мульд оседания земной поверхности*, возникающих в результате комплексного влияния откачек подземных вод, статических и динамических нагрузок (от нескольких сантиметров до нескольких метров);
- *новой структуры поверхностного и подземного стока*, обусловленной изменением режима грунтовых вод и их физико-химических свойств, истощением подземных вод; средняя величина питания грунтовых вод за счет утечек из коммуникаций равна 200—250 мм/год, что увеличивает объем питания техногенно-погребенных рек в 2—3 раза [13];
- *зон урбогенного гипергенеза* с преобладающим развитием зональных процессов выветривания (выщелачивания и окисления), процессов почвообразования с нетипичными образованиями вторичных минералов, органоминеральных новообразований и зон концентрации “загрязнений” геопатогенных зон [6]. В зоне урбогенного гипергенеза происходит активизация процессов химического и физического выветривания за счет повышения агрессивности подземных вод, изменения их режима, развития суффозионно-просадочных явлений и карста, гниения органических остатков, возникновения геофизических полей, развития геопатогенной микрофлоры и возникновения геопатогенных зон;
- *геопатогенных зон*. Возникли новые гидрогеологические и геохимические условия за счет инфильтрации загрязненных поверхностных вод и утечек из водонесущих коммуникаций и общего повышения уровня грунтовых вод; изменился и состав грунтов за счет техногенных отложений, внедрений строительных конструкций и различных коммуникаций, а также хранилищ разного рода химических препаратов (и удобрений в том

числе), которые представляют опасность для жизни людей;

— *необратимых изменений геохимических и геофизических свойств грунтов* на территории; интенсивная переработка природного материала и синтез новых, неприродных материалов существенно изменяют санитарно-гигиеническую обстановку среды жизни людей.

Проведенный авторами корреляционный анализ геолого-геоморфологических характеристик для наиболее урбанизированной центральной части Москвы показал, что природные зависимости частично утрачены, а мощность техногенных отложений практически не зависит от морфометрических характеристик и литологического состава четвертичных отложений [14].

Техногенная нагрузка на природную среду с каждым днем увеличивается. Полученные количественные данные все время меняются, но все равно остаются весьма значительными. О мощности воздействия на геологическую среду можно судить по глубине заложения линий метрополитена. Наибольшая плотность станции метрополитена приурочена к центральному округу Москвы. Их больше 40! Соответственно, в геологической среде множество инженерных конструкций, в том числе и водонесущих коммуникаций, которые придают толще отложений новые физико-химические, инженерные-геологические и экологические свойства природной морфолитосистемы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Урбогенный морфолитогенез характеризуется комплексом процессов денудации-аккумуляции, выветривания и почвообразования, существенно отличающимися от регионального типа морфолитогенеза преобладанием органоминеральных и синтетических компонентов в геологической среде, наличием техногенных физических полей и геохимических аномалий (биохимических и физико-химических полей), а также архитектурными (инженерными) преобразованиями. Урбогенный морфолитогенез — процесс формирования и функционирования антропогенно-геоморфологической системы и урбогенного биогеоценоза.

Антропогенное (техногенное) воздействие априори рассчитано на согласованное развитие природного комплекса и созданной “второй природы”. Природный каркас ландшафта (геосистемы) используется в качестве основы для урбогенного развития и при этом частично уничтожается, преобразуется и встраивается в инженерно-строительный каркас. Интеграция природной и инженерно-строительной структуры в условиях интенсивного биогенного и техногенного воздействия определяет морфодинамическую

организованность городской территории урбогенной морфолитосистемы. При этом природные процессы развиваются не только под “руководством”, но и вне зависимости от этого преобразовательно-созидательного воздействия. Можно (с определенной долей оптимизма) говорить о саморазвитии геолого-географической среды городской территории.

Геоморфологический каркас организует поверхностный и подземный сток в водосборные бассейны. Инженерно-строительный каркас и техногенные водонесущие коммуникации объединяют, загрязняют, смешивают воды разных водосборных бассейнов и геоморфологических районов, концентрируют стоки в каком-либо одном месте, не всегда связанном со структурой природных бассейнов. За счет перестройки связей и границ нередко происходит слияние разнородных геоморфологических систем, в том числе биогеоценозов; поглощение и трансформация существующих и возникновение на их месте природно-антропогенных систем с унаследованными, или чаще, “природоподобными” свойствами и структурой.

Работа выполняется по темам госзадааний ИВП РАН FMWZ-2025-0002 и ИГ РАН FMWF-2024-0005.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аникина Н.В., Болысов С.И., Лихачёва Э.А. Геоморфология городских территорий: конструктивные идеи. М.: Медиа-Пресс, 2017. 176 с.
2. Антропогенный морфолитогенез и гипергенез (“Ложка дёгтя в бочке мёда”) / Отв. Ред. Э.А. Лихачева. М.: Медиа-ПРЕСС, 2022. 224 с.
3. Анушин Д.Н. Географические работы: сб. науч. тр. / Под ред. и со вступит. ст. А.А. Григорьева. М.: Географгиз, 1954. 472 с.
4. Вернадский В.И. Биосфера и ноосфера. М.: Айрис-пресс, 2012. 576 с.
5. Город — экосистема. [Кол. авт.: Э.А. Лихачёва, Д.А. Тимофеев, М.П. Жидков и др.]. М.: Медиа-Пресс, 1997. 336 с.
6. Касимов Н.С., Власов Д.В., Никифорова Е.М. Геохимия ландшафтов восточной Москвы. М.: АПР, 2016. 276 с.
7. Котлов Ф.В. Антропогенные геологические процессы и явления на территории городов. М.: Наука, 1977. 287 с.
8. Котлов Ф.В. Изменение геологической среды под влиянием деятельности человека. М.: Наука, 1978. 263 с.
9. Лихачева Э.А., Чеснокова И.В. Антропогенный морфолитогенез — синтез природных и инженерных процессов // Сергеевские чтения. “Фундаментальные и прикладные вопросы инженерной геодинамики”. Вып. 24. М.: Изд. “Геоинфо”, 2023. 365 с.
10. Маккавеев А.Н., Федорович Д.В. Основные факторы, влияющие на уровень грунтовых вод в различных геоморфологических обстановках в г. Москве с 1988 по 2012 г. // Геоморфология городских территорий: конструктивные идеи. Отв. Ред. Э.А. Лихачева. М.: Медиа-ПРЕСС, 2017. С. 80–93.

11. Маккавеев А.Н., Федорович Д.В. Трансформация колебаний уровня грунтовых вод на городской территории (Москва) // Антропогенная геоморфология. М.: Медиа-ПРЕСС, 2013. С. 202–215.
12. Москва. Геология и город / Под ред. О.П. Медведева, В.И. Осипова. М.: Московские учебники и Картолиграфия, 1997. 399 с.
13. Очерки геоморфологии урбосферы / Под ред. Э.А. Лихачёвой, Д.А. Тимофеева. М.: Медиа-ПРЕСС, 2009. 352 с.
14. Рельеф среды жизни человека / Под ред. Э.А. Лихачёвой, Д.А. Тимофеева. М.: Медиа-ПРЕСС, 2002. 640 с.
15. Флоренсов Н.А. Очерки структурной геоморфологии. М.: Наука, 1978. 238 с.
16. Чеснокова И.В., Локшин Г.П. Техногенные физические поля — свойства антропогенно-геоморфологических систем. М.: Медиа-ПРЕСС, 2016. 192 с.
17. Шварев С.В. Инженерно-организованные геоморфологические системы: моделирование, мониторинг и управление // Геоморфологи. Новое поколение / Под ред. М.Е. Кладовшиковой, Э.А. Лихачевой. Т. 2. С. 59–72.
18. Яблоков А.В., Левченко В.Ф., Керженцев А.С. Преодолимы ли трудности перехода антропосферы в ноосферу // Биосфера. 2016. Т. 8. № 3. С. 247–257.
19. Crutzen P.J. Geology of Mankind // Nature. 2002. 415:23. <https://doi.org/10.1038/415023a>

URBOGENIC MORPHOLITHOGENESIS: ENGINEERING RELATIONS AND MANAGMENT

E. A. Likhacheva^{a, #}, I. V. Chesnokova^{b, ##}, S. V. Shvarev^{a, ###}

^a*Institute of Geography, Russian Academy of Sciences, Staromonetnyi per. 29, Moscow, 119017 Russia*

^b*Water Problems Institute, Russian Academy of Sciences, ul. Gubkina 3, Moscow, 119333 Russia*

[#]*E-mail: likhacheva@igras.ru*

^{##}*E-mail: ichesn@rambler.ru*

^{###}*E-mail: sergeyshvarev@mail.ru*

Moisture exchange (water exchange) and mechanical transfer of mineral matter (lithodynamic flows) play the principal part in the development and functioning of natural morpholithosystems. Functioning of a system is controlled by external impacts and its internal capacities, including its morphological structure. Geomorphological analysis aims at assessing and predicting of (1) relief-forming processes, (2) relations between the relief and engineering structures (assessment of stability); and (3) establishing the optimal level of technogenic load on the geomorphological system (ensuring sustainability). Currently, the main concern is investigation of relations between modern and buried relief and modern relief-forming processes, on the one hand, and between architectural relief and human engineering activity, on the other. The article provides an algorithm (sequence) for the cycle of formation of geo-ecological conditions of an urban area: changes in natural relief and geological environment; creation of engineering structures; transformation of exogenous morpholithogenesis and the formation of anthropogenic genesis; the emergence and formation of urban landscapes and biogeocenoses, where human activity, as a bioactive participant in the formation of the urban environment and lithogenesis, plays an important role. The article shows that hydrogenous relations and processes determine to a great extent the conditions and functioning of the anthropogenic-geomorphological system and the processes of anthropogenic morpholithogenesis. Based on many years research in geomorphology of urban areas, Moscow, in particular, the authors have identified the main features of anthropogenic morpholithogenesis of urban areas. The urban area of Moscow is characterized by a profound depth of changes in the natural environment impacted by various technogenic loads and the intensive replacement of natural complexes by urban complexes. Urban morpholithogenesis is defined as the formation and functioning of the anthropogenic geomorphological system and urban biogeocenosis.

Keywords: *geomorphological analysis, hydrogenous relations, engineering and construction framework, anthropogenic-geomorphological cycle, waterlogging*

REFERENCES

1. Anikina, N.V., Bolysov, S.I., Likhacheva, E.A. [Geomorphology of urban areas: the constructive ideas]. Moscow, Media-Press Publ., 2017, 176 pp. (in Russian)
2. [Anthropogenic morpholithogenesis and hypergenesis]. E.A. Likhacheva, Ed. Moscow, Media-Press Publ., 2022, 224 p. (in Russian)
3. Anuchin, D.N. [Studies in geography. Collection of sci. papers.] A.A. Grigor'ev, Ed. Moscow, Geografiz Publ., 1954, 472 pp. (in Russian)
4. Vernadskii, V.I. [Biosphere and noosphere]. Moscow, Airis-press Publ., 2012, 576 pp. (in Russian)
5. [The city as an ecosystem]. E.A. Likhacheva, D.A. Timofeev, M.P. Zhidkov, et al., Moscow, Media-Press Publ., 1997, 336 p. (in Russian).
6. Kasimov, N.S., Vlasov, D.V., Nikiforova, E.M. [Geochemistry of landscapes of the eastern Moscow]. Moscow, APR Publ., 2016, 276 p. (in Russian)
7. Kotlov, F.V. [Anthropogenic geological processes and phenomena in urban areas]. Moscow, Nauka Publ., 1977, 287 p. (in Russian)
8. Kotlov, F.V. [Changes in the geological environment under the influence of human activities]. Moscow, Nauka Publ., 1978, 263 p. (in Russian)

9. Likhacheva, E. A., Chesnokova, I.V. [Anthropogenic morpholithogenesis as the synthesis of natural and engineering processes]. Proc. Sergeev's readings "Fundamental and applied issues of engineering geodynamics", issue 24. Moscow, Geoinfo Publ., 2023, 365 p. (in Russian)
10. Makkaveev, A.N., Fedorovich, D.V. [The main factors influencing the groundwater level in various geomorphological settings in Moscow from 1988 to 2012]. In: [Geomorphology of urban areas: constructive ideas]. E.A. Likhacheva, Ed. Moscow, Media-Press Publ., 2017, pp. 80–93. (in Russian)
11. Makkaveev, A.N., Fedorovich, D.V. [Transformation of groundwater level fluctuations in urban areas (Moscow)]. In: [Anthropogenic geomorphology]. Moscow, Media-Press Publ., 2013, pp. 202–215. (in Russian)
12. [Moscow. Geology and the city]. O.P. Medvedev, V.I. Osipov, Eds. Moscow, Moskovskie uchebniki i kartolitografiya Publ., 1997, 399 p. (in Russian)
13. [Essays in the geomorphology of the urbosphere]. E.A. Likhacheva, D.A. Timofeev, Eds., Moscow, Media-Press Publ., 2009, 352 p. (in Russian)
14. [Relief of the human habitat]. E.A. Likhacheva, D.A. Timofeev, Eds., Moscow, Media-Press Publ., 2002, 640 p. (in Russian)
15. Florensov, N.A. [Essays in the structural geomorphology]. Moscow, Nauka Publ., 1978, 238 p. (in Russian)
16. Chesnokova, I.V., Lokshin, G.P. [Technogenic physical fields are properties of anthropogenic geomorphological systems]. Moscow, Media-Press Publ., 2016, 192 p. (in Russian)
17. Shvarev, S.V. [Engineered geomorphological systems: modeling, monitoring and control]. In: [Geomorphologists. The new generation]. M.E. Kladovshchikova, E.A. Likhacheva, Eds. Moscow, Media-Press Publ., 2013, vol. 2, pp. 59–72. (in Russian)
18. Yablokov, A.V., Levchenko, V.F., Kerzhentsev, A.S. [Are the difficulties in the transition from the anthroposphere to the noosphere surmountable?]. *Biosfera*, 2016, vol. 8, no. 3, pp. 247–257. (in Russian)
19. Crutzen, P.J. Geology of mankind. *Nature*, 2002, no. 415, p. 23.
<https://doi.org/10.1038/415023a>