

**ДИНАМИКА УРБАНИЗАЦИИ ПОЙМЕННО-РУСЛОВОГО И ТЕРРАСОВОГО
КОМПЛЕКСОВ р. АНГАРЫ В ПРЕДЕЛАХ г. ИРКУТСКА**

© 2022 г. М. Ю. Опекунова^а, *, А. Н. Воробьев^а, **

^аИнститут географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия

*E-mail: opek@mail.ru

**E-mail: tore12@yandex.ru

Поступила в редакцию 18.05.2022 г.

После доработки 24.10.2022 г.

Принята к публикации 02.12.2022 г.

Процессы урбанизации затрагивают все составляющие природной среды, часто вызывая экологическую напряженность, приводя к негативным последствиям для человека и его хозяйственной деятельности. Верхнее Приангарье — староосвоенная территория, испытавшая всплеск урбанизации в результате строительства каскада ГЭС на Ангаре в период 1950–1980 гг. В этой связи важно иметь представление об изменениях структуры, динамике природных комплексов и населения территории на фоне процессов урбанизации. Статья посвящена комплексному анализу динамики рельефа и населения ключевого участка нижнего бьефа левобережья р. Ангары в г. Иркутска, основное внимание уделяется временному интервалу сначала строительства Иркутской ГЭС по настоящее время (1950–2022 гг.). На основе сопоставления разновременных аэрофотоснимков (АФС), космоснимков и топокарт проведена оценка динамики морфологии, изменения структуры проявления экзогенных процессов. Определенные количественные показатели (изменение площади элементов рельефа, объемы перемещенного грунта) позволили оценить высокие адаптивные свойства и устойчивость геоморфосистемы. Выделяются пять этапов формирования городской территории, отражающее освоение пространств территории исследования. Показана зависимость распределения плотности населения от морфотипов застройки территории, определяющая степень антропогенной нагрузки и геоморфологических рисков. Определено, что максимальное антропогенное воздействие со времени постройки ГЭС сместилось с пойменно-руслового на террасовый комплекс. Результаты исследований, могут применяться при крупномасштабном районировании по степени антропогенной нагрузки территорий.

Ключевые слова: речные долины, урбанизация, морфодинамика, ГЭС, Ангара, Иркутск, русловые процессы

DOI: 10.31857/S0869607122050081

ВВЕДЕНИЕ

Довольно продолжительное время внимание многих исследователей концентрируется в области трансформации природной среды под воздействием человека. Наиболее значимый преобразующий среду, окружающую процесс, — урбанизация. Процессы урбанизации рассматриваются с разных точек зрения наук о земле — урбанистики, географии населения, ландшафтоведения и других [8, 9].

Анализом биосферы, сформированной процессом урбанизации занимается геоморфология городских территорий [8, 9]. Согласно Э.А. Лихачевой и Д.А. Тимофееву

[9, 10] геоморфологический анализ урбосистем разделяется на три направления: 1) историко-эколого-геоморфологический анализ местообитания человека (рассматриваются связи геоморфологических условий на расселение, размещение промышленных объектов и наоборот); 2) особенности формирования и развития городских геоморфологических систем; 3) исследование пространственных переменных и территориальных систем урбосферы. В данной работе мы уделили внимание первым двум направлениям.

Верхнее Приангарье является территорией долговременного освоения человеком. В современный период промышленного этапа развития территория испытывает повышенную техногенную нагрузку, возникает необходимость мониторинга функционирования естественных геосистем, (либо вновь созданных техногеосистем) для рационального использования ресурсов, а также с целью прогнозирования и предотвращения неблагоприятных последствий, связанных как с естественными проявлениями процессов, так и с теми, которые могут быть спровоцированы деятельностью человека.

На данном этапе в связи с необходимостью рационального природопользования и планирования территории актуальными становятся исследования морфодинамики русел пойм и террасовых комплексов в пределах урбанизированных территорий, которые занимают довольно весомую долю в территории Верхнего Приангарья.

Цель исследований заключается в выявлении закономерностей и определении степени динамики геоморфосистем в процессе урбанизации за последние 70 лет.

Для достижения заявленной цели предлагается решение ряда задач:

- Выявить этапы формирования городской территории.
- Определить влияние внешних и внутренних факторов на процесс заселения г. Иркутска и освоения пространства.
- Определить структуру и динамические фазы развития геоморфосистем.

Город Иркутск один из старейших городов Восточной Сибири, имеет долговременную историю развития. Время основания Иркутского Острога, который потом и преобразовался в город, датируется 1661 годом, а статус города получен в 1686 году. Иркутск расположен в долинах реки Ангары и ее притоков – Иркуты, Ушаковки (Ида). Первоначально, площади застройки занимают в основном террасированные склоны долины Ангары в месте впадения ее притоков, по мере роста городских территорий захватывая более высокие гипсометрические уровни рельефа.

В данной статье предлагается рассмотреть изменение рельефа, структуры геоморфологических процессов г. Иркутска, на примере модельного района, расположенного в пределах современных микрорайонов Академгородок, Южный, Приморский, район ул. Майская (рис. 1).

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛЫ

Для урбанизированных, заселенных и территорий размещения промышленных объектов целесообразно выделение антропо-геоморфосистем [9–11] в которых комплексно оцениваются взаимосвязи и функционирование геоморфологических систем и населения. Методической и теоретической основой послужили разработки в области антропогенной геоморфологии [9–12, 22, 27] и картографирования географии населения [5, 16] и зарубежных [28–31] исследователей.

Для оценки территории проводятся: 1) историко-эколого-геоморфологический анализ местообитания человека (рассматриваются связи геоморфологических условий на расселение, размещение промышленных объектов и наоборот); 2) анализ особенностей формирования и развития городских геоморфологических систем [8, 9]. Исследования предлагают разработку в двух направлениях: эколого-геоморфологический анализ и рассмотрение территориальной организации населения.

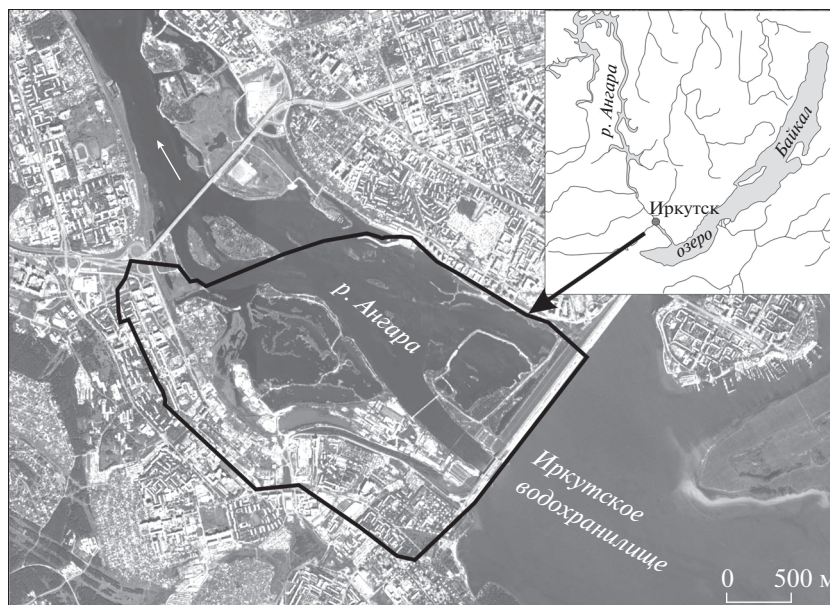


Рис. 1. Положение участка исследования. Черная линия — границы участка.

Fig. 1. Position of the study site. The black line is the boundaries of the plot.

Территория, выбранная в качестве модельного участка, представляет интерес с точки зрения преобразования рельефа, а также миграции населения вследствие строительства крупного промышленного объекта Иркутской ГЭС. В геоморфологическом плане участок занимает часть пойменно-руслового, а также террасовый комплексы р. Ангары, расположенные в нижнем бьефе Иркутского водохранилища. До строительства ГЭС в рамках границ территории исследования существовало село Кузьмиха, образованное в середине XVIII века.

Геоморфологическое строение, состав отложений пойменно-руслового комплекса р. Ангары в пределах участка исследования изучался по картографическим [3, 20] и литературным данным [1, 6, 18].

Анализ изменения структуры рельефа и экзогенных геоморфологических процессов проводился с помощью дешифрирования разновременных АФС 1950, 1980 годов масштаба $\approx 1 : 25000$ и космоснимков высокого разрешения. Для анализа современного состояния рельефа использовались ортофотопланы, полученные с помощью беспилотных летательных аппаратов (DJI Phantom Pro 4, Mavic Air), а также данные маршрутных наблюдений. Привязка геоизображений для каждого из этапов в единой системе координат и оцифровка проводилась в программных модулях MapInfo 15 и QGIS 3.12. В результате были получены серии геоморфологических карт, позволяющие оценить степень трансформации антропогеосистем, их динамических состояний на разных этапах развития.

Оценка численности населения проводилась для двух временных срезов: 1950 год (до постройки Иркутской ГЭС) и современный этап. Для 1950 года численность населения с. Кузьмиха, в виду отсутствия официальных статистических данных, рассчитывалось путем умножения количества дворов села на среднее количество людей в семье. Количество дворов определялось путем дешифрирования жилых домов с. Кузьмихи на АФС 1950 г., а средний размер сельской семьи по данным [19, 23] в начале

1950-х годов составлял четыре человека. По данным А.Г. Харчева, О.В. Вербицкой [4, 23] средний размер сельской семьи в довоенный период превышал 4 человека, что вполне соответствует данным переписи населения 1927 года [21], тогда количество жителей с. Кузьмиха составило 614 человек. Село находилось на крупнейшей транспортной артерии — через него проходила Транссибирская магистраль.

Для адекватного отображения современной численности населения исследуемой территории была разработана реляционная база данных застройки в реальных границах (площадной слой) с актуализацией на 1 января 2022 года. При ее создании учитывался предыдущий опыт изучения населения на региональном уровне [2]. Созданная база данных, содержит сведения о границах застройки, типах зданий, местонахождении в пространстве (адрес), классификации (типология) объектов недвижимости, этажность, год постройки, жилая площадь, количество квартир, количество жителей. Набор поименованных столбцов (полей) насчитывает 10 атрибутов.

Источниками атрибутивных данных послужили сведения с федерального сайта «Реформа ЖКХ» (<https://www.reformagkh.ru/>) [17]. Для подтверждения показателей, характеризующих жилищный фонд, нами было составлен запрос в администрацию г. Иркутска для актуализации информации о числе жителей, проживающих в частных домах. В результате чего нами была получена информация по среднему количеству жителей в частных домовладениях (в жилых домах) в Свердловском районе города Иркутска (2.66 жителя).

В дальнейшем уточненная реляционная база данных трансформирована в QGIS (программа с открытым исходным кодом для создания и визуализации геопространственной информации).

Для анализа распределения населения в пределах территории было проведено районирование территории по морфотипам застройки. Морфотип — это эволюционно сложившаяся разновидность планировочно-пространственной организации городской застройки [15]. Для районирования территории Академгородка по морфотипам застройки использовалась разработанная ранее типизация В.П. Дорофеева [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Относительные отметки современных поверхностей варьируют в пределах от 428 до 460 м. Большую часть занимает пойма, включая островную часть с отметками высот до 4 м над меженным урезом воды (рис. 2). Первая терраса высотой 4–8 м прослеживается в северо-западной части исследуемого участка и занимает до 20% от общей площади. Вторая и третья террасы с высотами до 15 и до 25 м соответственно довольно хорошо выражены и прослеживаются на всем протяжении участка. Юго-восточная часть участка представлена комплексом склоновых в основном делювиальных отложений, которые покрывают элементы террас и делают их морфологически невыраженными.

Помимо террасового комплекса важные элементы рельефа в пределах участка исследования — это долины постоянных и временных притоков р. Ангары — Кузьмихи, Кочумихи и Титова.

Пойменно-русловой тип р. Ангары до строительства ГЭС определяется как адаптированный разветвленный. Русловой (островной) тип разветвления классифицируется [24] как прибрежный чередующийся односторонний. Пойма чередующаяся (образована приращением побочной к руслу при его миграции от одного борта долины к другому) проточно-островного и ложбинно-островного типов.

Островная пойма — проточно-островного и ложбинного-островного типов, представляла собой островные массивы с площадями от 1 до 0.02 км², разделенные пойменными протоками. Ширина пойменных протоков варьировала от 15 до 170 м.

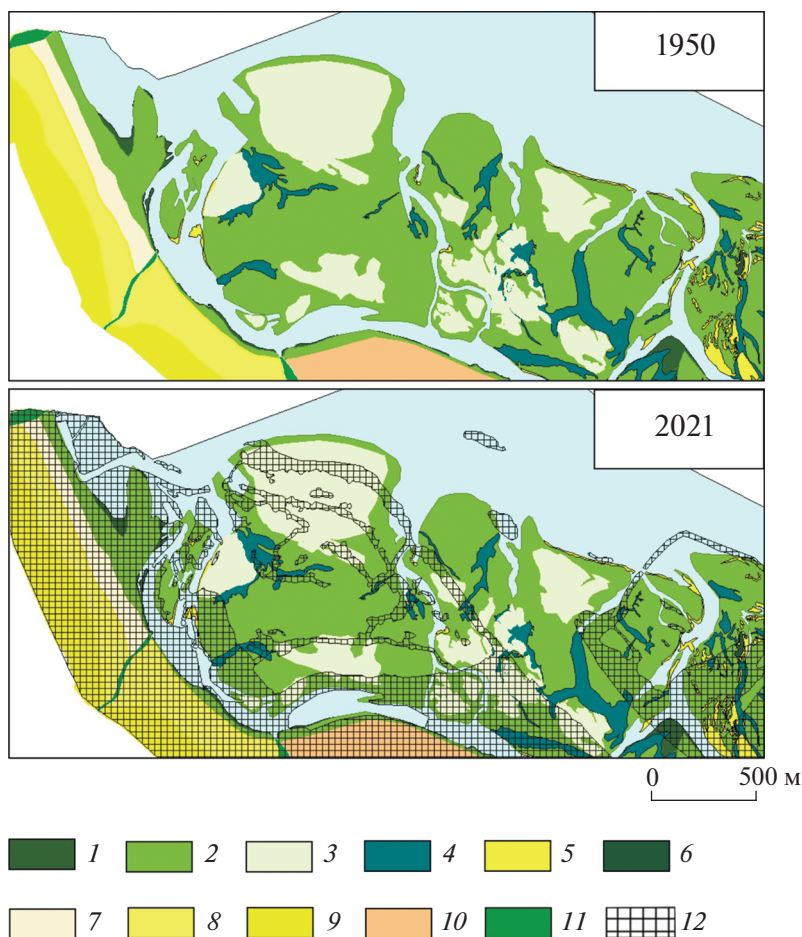


Рис. 2. Геоморфологические схемы участка исследования 1950 и 2021 гг. Условные обозначения: 1 – низкая пойма; 2 – средняя пойма; 3 – высокая пойма; 4 – ложбины стока, следы размывов; 5 – песчано-галечниковые наносы; 6 – гривы; 7 – первая терраса; 8 – вторая терраса; 9 – третья терраса; 10 – полигенетическая поверхность, сложенная делювиально-аллювиальными отложениями; 11 – долины постоянных и временных водотоков; 12 – техногенно-преобразованная современная поверхность территории исследования.

Fig. 2. Geomorphological schemes of the study area in 1950 and 2021. Legend: 1—low floodplain; 2—middle floodplain; 3—high floodplain; 4—runoff hollows, traces of erosion; 5—sand-pebble sediments; 6—manes; 7—first terrace; 8—second terrace; 9—third terrace; 10—polygenetic surface composed of deluvial-alluvial deposits; 11—valleys of permanent and temporary watercourses; 12—technogenically transformed floodplain surface. Geomorphological schemes of the study area in 1950 and 2021.

В настоящее время после строительства ГЭС, образования водохранилища, в нижнем бьефе русловой тип ниже участка не изменился. Однако строительство такого объекта спровоцировало рост урбанизации, которая повлияла на трансформацию рельефа. Непосредственно в пределах участка произошла наибольшая трансформация морфологических элементов пойменно-руслового комплекса, причем максимальным изменениям подверглась островная часть (рис. 2).

Площадь островов, в 1950 г. составляла 2,7 км², в результате выемки грунта при строительстве плотины сократилась на 33,4%.

В настоящее время после строительства ГЭС и образования водохранилища, территория, которую занимала группа Кузьмихинских островов, представляет техногенные образования. Непосредственно массив острова Кузьмихинский был выбран для добычи гравийно-галечной смеси. В настоящее время — это искусственное насыпное образование, представляющее собой дугообразные сегменты суши, которые использовались в качестве технологических дорог, разделенных затопленными карьерами. Сейчас данный участок (район Теплых озер) используется в рекреационных целях жителями близлежащих микрорайонов.

Значительные изменения морфологии, утрата определенных элементов и частей рельефа произошли лишь в пределах пойменно-руслового комплекса. В границах террасового комплекса изменения сопряжены с процессами застройки и по сравнению с морфологическими изменениями пойменно-островного комплекса не столь значительны.

В настоящее время наибольший техногенный прессинг испытывает террасовый комплекс, так как большая часть пойменно-руслового комплекса занята землями рекреационного назначения.

Помимо изменения морфологических особенностей рельефа важным фактором изменения структуры процессов рельефообразования становятся техногенные отложения. Рассчитанный объем современных техногенных отложений составляет 22,48 млн м³, из них, объем плотины Иркутской ГЭС 20 млн м³. Фактические данные об объемах перемещенного грунта при строительстве плотины ГЭС приведены по [13], объемы перемещенного грунта застроенных территорий при строительстве Академгородка рассчитаны авторами с использованием существующих нормативных документов для строительства¹. Объемы перемещенного грунта при застройке территории в пределах террасового комплекса составило 2,48 млн м³.

В пределах территории исследования доминирующее положение занимают техногенные грунты как природные образования, измененные в условиях естественного залегания [1]. Техногенные грунты являются благоприятной средой развития эрозионных, суффозионно-эрозионных, суффозионно-просадочных и оползневых процессов.

Нижний бьеф плотины Иркутской ГЭС — зона направленной эрозии [14]. Непосредственно в пределах участка исследования прямого воздействия строительства Иркутской ГЭС на активизацию склоновых процессов не зафиксировано. Однако, ряд авторов [1, 6, 18] отмечают высокий потенциал развития опасных процессов (в том числе и склоновых), повышения сейсмичности при многоэтажной застройке в прибрежных частях высоких террас.

Для территории исследования на современном этапе характерно развитие гравитационно-склоновых; флювиальных, эрозионных процессов и заболачивания. При этом вероятность развития суффозионно-просадочных и эрозионных процессов, подтопления территории здесь характеризуется как высокая, а гравитационно-склоновых процессов — средняя [18]. Возможна активизация плоскостного смыва, крипа при общем обводнении, повышении уровня поверхностных вод территории.

Динамика населения В рамках исследования за последние 70 лет нами было выделено пять хронологических этапов развития территории:

1 этап преобразования территории связан со строительством Иркутской ГЭС, которое началось в феврале 1950-го года. Село Кузьмиха послужило опорным плацдармом для стройки Всесоюзного масштаба. Тогда же строителями (гидростроителями) полевые дороги были трансформированы в современную улицу Старокузьмихинскую для

¹ «СП 45.13330.2017. Свод правил. Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87”.

оперативного соединения стройки с Иркутским железнодорожным узлом. Первые строители были вынуждены разместиться в г. Иркутске и с. Кузьмихе. В дальнейшем предполагалось строительство как временных, так и постоянных поселков для проживания строительных кадров. Максимальная численность строительных кадров была достигнута в 1956 году, составив 7650 человек. На территории современной ул. Майская был построен поселок Новая Кузьмиха с жилой площадью 5818 м². В поселке первые годы проживал инженерно-технический персонал и до 1955 года находилось управление строительства. Поселок имел в основном одноэтажную застройку рублеными и каркасными (финскими) домами, до наших дней они не сохранились. Остались лишь двухэтажные восьмиквартирные дома. Ближайший к ГЭС, 1-й поселок предполагался для размещения эксплуатационных работников. Площадь жилого фонда поселка составляла 10394 м². Застройка состояла преимущественно из однотипных каменных двухэтажных восьмиквартирных домов. Исключением является одна из улиц поселка, застроенная многоквартирными одноэтажными домами по ул. Гидростроителей. Внутренняя часть поселка застроена двухэтажными типовыми домами проекта Б-8-50. Итогом первого этапа были строительство и ввод Иркутской ГЭС, создание при ней поселков, перенос железной дороги с отворотом от Ангары около д. Титово [13].

Промежуточным этапом можно выделить строительство нового здания Иркутского политехнического института (ИРНИТУ) и Студгородка. Это косвенно повлияло на продление жилой застройки левого берега р. Ангары (Глазковского предместья) до деревни Титово.

2 этап связан со строительством Иркутского Академгородка. У поселков ГЭС был один очень большой недостаток — они были удалены от основной части г. Иркутска. В 1960-х годах на левом берегу р. Ангары начали строить Академгородок, который послужил своего рода соединительным мостом между поселками гидростроителей и существующими частями г. Иркутска (Глазково). Соответствующие этому периоду морфотипы застройки здесь преимущественно строчного типа с трех-пятиэтажными домами, ориентированными параллельно долине р. Кузьмиха.

3 этап связан с возникновением новых микрорайонов, вслед за ростом производственных объектов и соответственно штата работников. Для обеспечения людей жильем, в конце 1960-х годов началась застройка микрорайона “Приморский” и “Южная” (получивший одноименное название с электрической подстанцией “Южная”). Возведенные микрорайоны с застройкой пятиэтажными домами, которые образовывали преимущественно структуры полужамкнутого типа [7], практически сразу становились транспортно-доступными и связывались линиями общественного транспорта с другими районами города. С этого момента можно считать, что данная территория была окончательно интегрирована в городскую среду Иркутска. Именно этот жилищный капитал, оставшийся после постройки Иркутского гидроузла, а также новые микрорайоны послужили базой для дальнейшего роста населения на этой территории.

4 этап связан с увеличением этажности строящихся домов. В дальнейшем существенный прирост населения, вслед за вводом жилых площадей, произошел на рубеже 1980-х—1990-х гг. в этот период производилось строительство девятиэтажных домов с большим количеством квартир в Академгородке между нынешней ул. Мелентьева и ул. Старокузьминской. Возведенные здания группировались в виде строчной застройки параллельно и перпендикулярно береговой линии. Компоновка кварталов — полужамкнутого типа.

5 этап — современный. В этот период происходит застройка многоэтажными домами пустырей в существующих микрорайонах. С середины 90-х вплоть до середины 2010-х годов территория находилась фактически в неизменном виде, когда началась точечная застройка на имеющихся пустырях в существующих микрорайонах многоэтажными жилыми домами с этажностью от 9 до 16 этажей. Это привело к увеличению

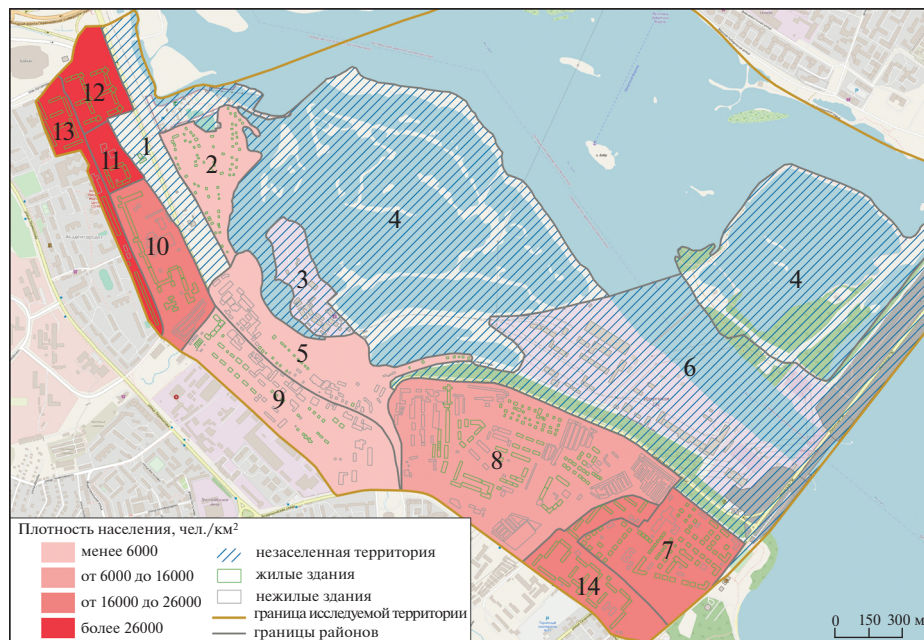


Рис. 3. Плотность населения в пределах территории исследования.

Fig. 3. Population density within the study area.

численности жителей (примерно) в 1.5 раза. Застройки здесь преимущественно замкнутого и полужамкнутого типов.

Количество жителей территории исследования возросло с 350 в 1950 году до 21 443 в 2020, плотность населения возросла с 66 чел./км² до 5096 чел./км².

Районирование территории исследования по морфотипам застройки

В пределах территории исследования в зависимости от геолого-геоморфологических условий и гипсометрической позиции выделены три геоморфосистемы: Прибрежная и Нижняя Террасовая, Верхняя Террасовая (табл. 1).

В пределах геоморфосистем расположены 14 районов, выделенные по преобладающему морфотипу застройки.

На современном этапе развития территории плотность населения отражает степень урбанизированности территории, так как на этот показатель влияет ряд факторов: этажность зданий, людность, опосредованно: развитость инфраструктуры, транспортная нагрузка. Распределение значений плотности населения в пределах территории исследования зависит от характера и типа застройки (рис. 3).

Воздействие статических нагрузок, создаваемых, в том числе многоэтажными жилыми зданиями, насыпями, изъятием грунтов из массива, а также динамическими нагрузками от транспорта вызывает нарушение напряженного состояния грунтовых массивов [1]. Территории с плотной многоэтажной застройкой наиболее подвержены подобным статистическим нагрузкам, что является дополнительным фактором развития негативных геоморфологических процессов по сравнению с районами с низкой плотностью населения и другими типами застройки.

Таблица 1. Районы территории исследования и их основные характеристики
Table 1. Areas of the study area and their main characteristics

№	Район	Население, чел.	Площадь, км ²	Плотность населения
Прибрежная				
1	Спорт парк “Поляна”	Отсутствует	0.25	—
2	“Нахаловка” (ул. Овражная и ул. Костромская)	180	0.14	1286
3	“Бетонный завод”	Отсутствует	0.09	—
4	“Теплые озера”, “Квадрат”	Отсутствует	2.02	—
5	“Старая Кузьмиха”	60	0.24	250
6	Плотинный	Отсутствует	1.24	—
Нижняя террасовая				
7	“Поселок Гидростроителей”	1365	0.22	6205
8	“Южная”	4790	0.61	7852
9	“Новая Кузьмиха”	1042	0.28	3721
10	Восточная сторона ул. Мелентьева (старый фонд Академгородка)	3133	0.16	19581
11	ТСЖ “Кузьмиха” (новый фонд Академгородка)	1193	0.04	2982
12	ЖК “Сигма” (новый фонд Академгородка)	2693	0.09	29922
Верхняя террасовая				
13	Западная сторона ул. Мелентьева (старый фонд Академгородка)	2867	0.1	28670
14	“Приморский”	4120	0.16	25750

Таким образом, на современном этапе развития геоморфосистемы морфотип застройки в той или иной степени отражает черты ее функционирования.

В Прибрежную геоморфосистему входят пойменно-русловой комплекс, а также первая терраса, сложенные валунно-галечными и техногенными отложениями. Пойменно-русловые комплексы наиболее гибкие и в то же время уязвимые к антропогенному вмешательству системы [25]. Выделенные районы (табл. 1), так или иначе граничащие с водой, исторически включают объекты преимущественно промышленного (возведенные в период строительства ГЭС) и рекреационного назначения, которые появились позже. Распространенные здесь геоморфологические процессы, в том числе, опасные, активизация которых возможна при увеличении антропогенной нагрузки — это флювиальный, оползание в уступах пойм и террасы, дефляция на оголенных поверхностях, заболачивание. Однако в пределах этой территории размещены жилые объекты частного сектора и нежилые промышленные объекты с низкой плотностью населения. Более того, в центральной части в пределах района “Старая Кузьмиха” (5) в настоящее время происходит замещение жилых домов частного сектора объектами

хозяйствования автомобильного сектора. Потенциальная активизация экзогенных процессов вследствие антропогенной нагрузки здесь незначительна.

Нижняя террасовая геоморфосистема включает в восточной части частично объединенный террасовый комплекс, а в западной — комплекс второй и третьей террас, которые слагают техногенные, делювиальные и аллювиальные отложения.

В пределах этой геоморфосистемы расположены районы Академгородка с максимальными значениями плотности населения “ЖК Сигма” (12), ТСЖ Кузьмича (11) с высокоэтажной застройкой замкнутого и полужамкнутого типов [7]. Данные территории можно отнести к потенциально опасным в первую очередь, для развития суффозионно-просадочных процессов, так как они характеризуются развитием техногенных грунтов, часто недоуплотненных [1], высокой плотностью водонесущих коммуникаций, вибрационной транспортной нагрузкой. Средними значениями плотности населения характеризуются районы “Южная” (8) с преимущественно пятиэтажной строчной застройкой, “Поселок Гидростроителей” (7). Потенциальная активизация экзогенных процессов вследствие антропогенной нагрузки здесь незначительна.

Верхняя террасовая геоморфосистема в восточной части частично включает объединенный террасовый комплекс, в пределах которого распространены техногенные и делювиальные покровные отложения. Западная часть представлена комплексом второй-третьей террас, сложенных техногенными, делювиальными, аллювиальными отложениями.

Максимальная плотность населения на современном этапе фиксируется в районах “Западная сторона ул. Мелентьева” (13) с протяженной девятиэтажной застройкой на поверхностях второй, третьей и объединенном комплексе террас и “Приморский” (14), в которых преобладает строчная застройка жилых групп [6]. Активизация экзогенных процессов вследствие антропогенной нагрузки также может быть отнесена к потенциально опасным.

Динамичность экзогенных геоморфологических процессов исследуемой территории может быть повышена в пределах ареалов с максимальными значениями плотности населения, в том числе и при изменении естественных условий, например, обводненности территории вследствие усиления циклонической деятельности [26].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Долинный комплекс реки Ангары в пределах территории исследования свойств геоморфологической системы обладает высокой степенью адаптационных свойств (в большей степени этим обладает пойменно-русловой комплекс), поэтому преобразование территории можно рассматривать как трансформации геоморфосистемы. Анализ рассмотренного фактического материала позволил сделать следующие выводы:

1) Большую роль в сохранении морфологической устойчивости, формировании новых функциональных связей сыграло грамотное планирование и размещение объектов на первых этапах развития территории вовремя и сразу после строительства Иркутской ГЭС.

2) Выделенные пять этапов развития территории отражают процессы освоения и заселение городского пространства, среди которых: строительство ГЭС, Академгородка, Студгородка, микрорайона Приморский, увеличение этажности зданий, возведение ЖК на современном этапе.

3) Пространственное распределение населения определяется морфотипами застройки территории. Максимальная плотность населения фиксируется в пределах районов с многоэтажной застройкой, расположенных в пределах террасового комплекса. Минимальная — в пределах наиболее техногенно-преобразованного пойменно-руслового комплекса. Распределение максимальной и минимальной антропоген-

ной нагрузки коррелирует с концентрацией плотности населения. Максимальную испытывают террасовые геоморфосистемы, минимальную — Прибрежная.

4) Приведенный алгоритм исследований, может применяться при крупномасштабном районировании территории по степени антропогенной нагрузки, а также зонировании территории в рамках работ по минимизации негативных процессов и рационального природопользования.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работы, по комплексной оценке, трансформации геоморфосистем проводились в рамках государственных заданий АААА-А21-121012190017-5, АААА-А21-121012190063-2 и финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-55-44023 Монг_а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Акулова В.В., Грудинин М.И., Ряченко Т.Г., Демьянович Н.И. Геоэкологические проблемы города Иркутска // Изв. ИГУ. "Науки о Земле" 2008. Т. 1. № 1. С. 22–32.
2. Бардаш А.В., Воробьев А.Н. Составление базы данных населенных пунктов Иркутской области // География и геоэкология на службе науки и инновационного образования: материалы XII Международной научно-практической конференции / Красноярский гос. пед. ун-т им. В.П. Астафьева. Красноярск, 2017. С. 246–249.
3. Божинский А.П. К истории четвертичного периода Прииркутского участка долины реки Ангары // Бюл. МОИП. Отд. геологии. 1939. Т. 17. вып. 6. С. 187–202.
4. Вербицкая О.М. Население российской деревни в 1939–1959 гг.: Проблемы демограф. Развития. М.: Ин-т рос. истории РАН, 2002. — 318 с.
5. Воробьев А.Н. Урбанизированные ареалы / Отв. ред. Л.М. Корытный. // Зона Транссиба как евразийский экономический коридор. — Иркутск: Изд-во Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, 2016. С. 103–106.
6. Демьянович Н.И. Особенности Ангарских террас как территориального ресурса Иркутска // География и природные ресурсы. 2007. № 1. С. 100–106.
7. Дорофеев П. Микрорайонные структуры 1960–1970-х годов в Иркутске: // Проект Байкал № 39–40 (2014) // ProjectBaikal.com: [сайт журнала Проект Байкал] URL: Микрорайонные структуры 1960–1970-х годов в Иркутске | проект байкал (projectbaikal.com) (дата обращения: 10.10.2020)
8. Лаппо Г.М. География городов. М.: Владос, 1997. 481 с.
9. Лихачёва Э.А. Город — антропогенная геоэкосистема // Геоморфология городских территорий: конструктивные идеи / Отв. ред. ЛИХАЧЁВА Э.А. М.: Медиа-ПРЕСС, 2017. С. 11–22.
10. Лихачева Э.А., Тимофеев Д.А. Экологическая геоморфология. Словарь-справочник. М.: Медиа-ПРЕСС, 2004. 240 с.
11. Лихачева Э.А., Тимофеев Д.А. Геоморфологические системы и их организованность. Геоморфология. 2007; (1): 3–9. <https://doi.org/10.15356/0435-4281-2007-1-3-9>
12. Маккавеев А.Н., Лихачева Э.А., Некрасова Л.А. Антропогенная трансформация водосборных бассейнов малых рек / Геоморфология городских территорий: конструктивные идеи / Отв. ред. Лихачева Э.А. М.: Медиа-Пресс, 2017. С. 70–79.
13. Моисеев С.Н. Строительство Иркутской ГЭС на Ангаре. М; Л.: Государственное энергетическое издательство, 1959. 190 с.
14. Овчинников Г.И., Павлов С.Х., Тржцинский Ю.Б. Изменение геологической среды в зонах влияния ангаро-енисейских водохранилищ. Новосибирск: Наука, 1999. 254 с.
15. Пасхина М.В. Выявление, типология и оценка городских морфотипов (на примере г. Ярославля) // Ярославский педагогический вестник. Естественные науки. 2012. Т. 3. № 4. С. 245–250.
16. Полян П.М. Дазиметрические карты В.П. Семенова-Тян-Шанского и перспективы их построения и использования в информационном поле XXI века // Известия РАН. Серия географическая. 2012. № 6. С. 98–106.
17. Реформа ЖКХ: автоматизированная информационная система. [2010] // URL: <https://www.reformagkh.ru/> (дата обращения: 05.10.2021).
18. Рыбченко А.А. Инженерно-геодинамическая оценка современного состояния геологической среды г. Иркутска: автореф. дисс. ... канд. геол.-мин. наук. Иркутск: ИЗК СО РАН, 2009. 18 с.
19. Рыбаковский Л.Л. Динамика и факторы демографического развития СССР во второй половине XX века // Демографическое развитие СССР в послевоенный период / АН СССР, Ин-

- т социол. исслед., Сов. социол. ассоц.; [отв. ред. В.Н. Иванов, Л.Л. Рыбаковский]. М. 1984. С. 4–24.
20. Сироткин Л.А. Инженерно-геологические условия района г. Иркутска и их изменения при строительстве и эксплуатации сооружений. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геол.-мин. наук, Иркутск: ИЗК СО АН СССР, 1965. 347 с.
 21. Список населенных мест Иркутского округа Сибирского края по материалам переписи 1926 года). Иркутск: Ирк. Тип. Изд “Власть труда”. 1927. 140 с.
 22. Тащи С.М., Мясников Е.А. Геолого-геоморфологические системы территории агломерации Владивосток – Артем: Учеб. пособие. Владивосток: Изд-во ДВГТУ, 2003. 181 с.
 23. Харчев А.Г. Брак и семья в СССР. М.: Изд-во “Мысль”, 1979. 367 с.
 24. Чалов Р.С., Чалова А.С., Голубцов Г.Б. О терминологии и классификации разветвленных русел. // Геоморфология. 2021. № 3. С. 48–63.
 25. Чернов А.В. География и геоэкологическое состояние русел и пойм рек Северной Евразии. М.: Крона, 2009. 682 с.
 26. Шаликовский А.В., Лепихин А.П., Тиунов А.А., Курганович К.А., Морозов М.Г. Наводнения в Иркутской области 2019 года // Водное хозяйство России. 2019. № 6. С. 48–65. <https://doi.org/10.35567/1999-4508-2019-6-4>
 27. Шварев С.В., Лихачева Э.А., Аникина Н.В., Некрасова Л.А. Оценка организованности антропогенно-геоморфологических систем Новой Москвы на основе синтеза экспертных и статистических оценок // Геоморфология. 2017. № 2. С. 25–37.
 28. Elvidge C.D., Cinzano P., Pettit D.R., Arvesen J., Sutton P., Small C., Nemani R., Longcore T., Rich C., Safran J., Weeks J., Ebener S. (2007) The Nightsat mission concept. *International Journal of Remote Sensing* 28, 12, pp. 2645–2670.
 29. Kim S. (2019) Urban development and landscape change in the Yangtze River Delta region in China, *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 26:2, 141–153. <https://doi.org/10.1080/13504509.2018.1509152>
 30. Magliulo P., Cusano A. Geomorphology of the Lower Calore River alluvial plain (Southern Italy) // *Journal of Maps*, 2016 <https://doi.org/10.1080/17445647.2015.1132277>
 31. Nawieśniak-Caesar Maria, Wilkosz-Mamcarczyk Magdalena, Hernik Józef, Gorzelan, Julia, Gorzelan-Dziadkowiec Magdalena An integrated approach to river valley revitalisation // *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 2019, V. 27. Is. 1. pp. 22–32. <https://doi.org/10.3846/jeelm.2019.7481>

Experience in Studying the Urbanization of Valley Geomorphosystems at the Local Level (on the Example of Irkutsk)

M. Yu. Opekunova¹, * and A. N. Vorobyov¹, **

¹V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk, Russia

*E-mail: opek@mail.ru

**E-mail: tore12@yandex.ru

Abstract—Urbanisation processes affect all components of the natural environment, often causing ecological tensions, leading to negative consequences for humans and their economic activities. Upper Angara region is an old-developed which experienced an upsurge of urbanization after the construction of the Angara HPP cascade HPP cascade on the Angara River in the period of 1950–1980. In this context it is important to have an idea of the structure and dynamics of the natural complexes and population of the territory against the background of urbanization processes. The article is devoted to the complex analysis of the relief and population dynamics in the key area of the downstream bank of the Angara river in Irkutsk. The main attention is paid to the time interval from the beginning of the Irkutsk hydro power station construction till now (1950–2022). Based on the comparison of multi-temporal aerial photographs (AFS), satellite images and topographic maps, the dynamics of morphology, changes in the structure of exogenous processes. Certain quantitative indicators (change in the area of relief elements, volumes of the displaced soil) allowed to estimate high adaptive properties and stability of the geomorphosystem. Five stages of the formation of the urban area, reflecting the development of the space of the study area. The dependence of the population density distribution on morphotypes of building-up of the territory, determining a degree of the anthropogenic loading and geomorphologic risks. It is determined that the maximum anthropogenic impact has shifted from the floodplain-channel complex to the

terrace complex since construction of the HPP. Results of researches, can be applied at large-scale zoning on a degree of anthropogenic impact of territories.

Keywords: river valleys, city, morphodynamics, HPP, population, island, Angara-river, transformation

REFERENCES

1. Akulova V.V., Grudin M.I., Rjashhenko T.G., Dem'janovich N.I. Geojekologicheskie problemy goroda Irkutsk // *Izv. IGU. "Nauki o Zemle"* 2008. T. 1. № 1. S. 22–32.
2. Bardash A.V., Vorob'ev A.N. Sostavlenie bazy dannyh naselennyh punktov Irkutskoj oblasti // *Geografija i geojekologija na sluzhbe nauki i innovacionnogo obrazovanija: materialy XII Mezh-dunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii* / Krasnojarskij gos. ped. un-t im. V.P. Astaf'eva. Krasnojarsk, 2017. S. 246–249.
3. Bozhinskij A.P. K istorii chetvertichnogo perioda Priirkutskogo uchastka doliny reki Angary // *Bjul. MOIP. Otd. geologii*. 1939. T. 17. vyp. 6. S. 187–202.
4. Verbickaja O.M. Naselenie rossijskoj derevni v 1939–1959 gg.: Problemy demograf. Razvitija. M.: In-t ros. istorii RAN, 2002. – 318 s. :
5. Vorob'ev A.N. Urbanizirovannye arealy / *Otv. red. L.M. Korytnyj* // *Zona Transsiba kak evrazijskij jekonomicheskij koridor*. – Irkutsk: Izd-vo Instituta geografii im. V.B. Sochavy SO RAN, 2016. S. 103–106.
6. Dem'janovich N.I. Osobennosti Angarskih terras kak territorial'nogo resursa Irkutskaja // *Geografi-ja i prirodnye resursy*. 2007. № 1. S. 100–106.
7. Dorofeev P. Mikrorajonnye struktury 1960–1970-h godov v Irkutске: // *Proekt Bajkal № 39–40* (2014) // *ProjectBaikal.com*: [sajt zhurnala Proekt Bajkal] URL: Mikrorajonnye struktury 1960–1970-h godov v Irkutске | *proekt bajkal* (*projectbaikal.com*) (data obrashhenija: 10.10.2020).
8. Lappo G.M. *Geografija gorodov*. M.: Vlos, 1997. 481 s.
9. Lihachjova Je.A. Gorod – antropogennaja geojekosistema // *Geomorfologija gorodskih territorij: konstruktivnye idei* / *Otv. red. LIHACHJOVA Je.A.* M.: Media-PRESS, 2017. S. 11–22.
10. Lihacheva Je.A. Timofeev D.A. *Jekologicheskaja geomorfologija*. Slovar'-spravochnik. M.: Media-PRESS, 2004. 240 s.
11. Lihacheva Je.A., Timofeev D.A. Geomorfologicheskie sistemy i ih organizovannost'. *Geomor-fologija*. 2007; (1): 3–9. <https://doi.org/10.15356/0435-4281-2007-1-3-9>
12. Makkaveev A.N., Lihacheva Je.A., Nekrasova L.A. Antropogennaja transformacija vodosbornyh bassejnov malyh rek / *Geomorfologija gorodskih territorij: konstruktivnye idei* / *Otv. red. Lihacheva Je.A.* M.: Media-Press, 2017. S. 70–79.
13. Moiseev S.N. Stroitel'stvo Irkutskoj GJeS na Angare. M; L.: Gosudarstvennoe jenergeticheskoe iz-datel'stvo, 1959. 190 s.
14. Ovchinnikov G.I., Pavlov S.H., Trzheinskij Ju.B. *Izmenenie geologicheskoy sredy v zonah vlijanija angaro-enisejskih vodohranilishh*. Novosibirsk: Nauka, 1999. 254 s.
15. Poljan P.M. Dazimetricheskie karty V.P. Semenova–Tjan–Shanskogo i perspektivy ih postroenija i ispol'zovanija v informacionnom pole XXI veka // *Izvestija RAN. Serija geograficheskaja*. 2012. № 6. S. 98–106.
16. Pashina M.V. Vyjavlenie, tipologija i ocenka gorodskih morfotipov (na primere g. Jaroslavlja) // *Jaroslavskij pedagogicheskij vestnik. Estestvennye nauki*. 2012. T. 3. № 4. p. 245–250.
17. Reforma ZhKH: avtomatizirovannaja informacionnaja sistema. [2010] // URL: <https://www.reform-magkh.ru/> (data obrashhenija: 05.10.2021).
18. Rybchenko A.A. *Inzhenerno-geodinamicheskaja ocenka sovremennogo sostojanija geologicheskoy sredy g. Irkutskaja*: avtoref. diss. ... kand. geol.-min. nauk. Irkutsk: IZK SO RAN, 2009. 18 s.
19. Rybakovskij L.L. Dinamika i faktory demograficheskogo razvitija SSSR vo vtoroj polovine XX veka // *Demograficheskoe razvitie SSSR v poslevoennyj period* / AN SSSR, In-t sociol. issled., Sov. sociol. assoc. ; [otv. red. V.N. Ivanov, L.L. Rybakovskij]. M. 1984. S. 4–24.
20. Sirotkin L.A. *Inzhenerno-geologicheskie uslovija rajona g. Irkutskaja i ih izmenenija pri stroitel'stve i jekspluatcii sooruzhenij*. Dissertacija na soiskanie uchenoj stepeni kandidata geol.-min. nauk, Irkutsk: IZK SO AN SSSR, 1965. 347 s.
21. Spisok naselennyh mest Irkutskogo okruga Sibirskogo kraja po materialam perepisi 1926 goda). Irkutsk: Irk. Tip. Izd "Vlast' truda". 1927. 140 s.
22. Tashhi S.M., Mjasnikov E.A. *Geologo-geomorfologicheskie sistemy territorii aglomeracii Vladivo-stok–Artem*: Ucheb. posobie. Vladivostok: Izd-vo DVGTU, 2003. 181 c.
23. Harchev A.G. *Brak i sem'ja v SSSR*. M.: Izd-vo "Mysl'", 1979. 367 s.
24. Chalov R.S., Chalova A.S., Golubcov G.B. O terminologii i klassifikacii razvetvlenyh rusel // *Geomorfologija*. 2021. № 3. S. 48–63.

-
25. Chernov A.V. *Geografiya i geoe'kologicheskoe sostoyanie rusel i poim rek Severnoi Evrazii* (Geography and geoecological state of riverbeds and floodplains of Northern Eurasia.). Moscow: Krona (Publ.), 2009. 682 p.
 26. Shalikovskij A.V., Lepihin A.P., Tiunov A.A., Kurganovich K.A., Morozov M.G. Navodneniya v Irkutskoj oblasti 2019 goda // *Vodnoe hozjajstvo Rossii*. 2019. № 6. S. 48–65.
<https://doi.org/10.35567/1999-4508-2019-6-4>
 27. Shvarev S.V., Lihacheva Je.A., Anikina N.V., Nekrasova L.A. Ocenka organizovannosti antropogенно-geomorfologicheskikh sistem Novoj Moskvy na osnove sinteza jekspertnyh i statisticheskikh ocenok // *Geomorfologija*. 2017. № 2. S. 25–37.
 28. Elvidge C.D., Cinzano P., Pettit D.R., Arvesen J., Sutton P., Small C., Nemani R., Longcore T., Rich C., Safran J., Weeks J., Ebener S. (2007) The Nightsat mission concept. *International Journal of Remote Sensing* 28, 12, pp. 2645–2670.
 29. Kim S. (2019) Urban development and landscape change in the Yangtze River Delta region in China, *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, 26 : 2, 141–153.
<https://doi.org/10.1080/13504509.2018.1509152>
 30. Magliulo P., Cusano A. Geomorphology of the Lower Calore River alluvial plain (Southern Italy) // *Journal of Maps*, 2016.
<http://dx.doi.org/10.1080/17445647.2015.1132277>
 31. Nawieśniak-Caesar Maria, Wilkosz-Mamcarczyk Magdalena, Hernik Józef, Gorzelan, Julia, Gorzelany-Dziadkowiec Magdalena An integrated approach to river valley revitalisation // *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 2019, V. 27. Is. 1. rr. 22–32.
<https://doi.org/10.3846/jeelm.2019.7481>