

**ИССЛЕДОВАНИЯ СТЕПЕНИ  
АНТРОПОГЕННОЙ ПРЕОБРАЗОВАННОСТИ  
ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ**

**Занозин Виктор Валерьевич**, аспирант, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: victorzan44@gmail.com

**Бармин Александр Николаевич**, доктор географических наук, профессор, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: abarmin60@mail.ru

**Валов Михаил Викторович**, кандидат географических наук, доцент, Астраханский государственный университет, Российская Федерация, 414000, г. Астрахань, пл. Шаумяна, 1, e-mail: m.v.valov@mail.ru

Решение практических задач, связанных с использованием природных территориальных комплексов, предполагает всестороннее изучение последних. Большое значение имеет определение степени антропогенной преобразованности природных территориальных комплексов (ПТК), для чего необходимо учитывать различные факторы. Исследователи, рассматривающие приоритетность в ландшафтных исследованиях, отмечают актуальность развития применения ландшафтных индексов в изучении антропогенных воздействий, классификацию антропогенных модификаций природных комплексов, ландшафтно-экологическую оценку территорий и др. В статье представлен анализ ряда работ русскоязычных авторов, а также рассмотрены результаты зарубежных исследований, выполненных в данном направлении. В статье описаны методики расчёта и оценки степени антропогенной преобразованности природного территориального комплекса с использованием математического аппарата. Комбинированный подход в оценке трансформации геосистем, основанный на синтезе отечественных и западных методик, может быть применён к ПТК различного иерархического ранга.

**Ключевые слова:** природный территориальный комплекс (ПТК); ландшафт; антропогенное преобразование; индексы антропогенной преобразованности; дельта Волги

**STUDIES OF THE DEGREE OF ANTHROPOGENIC  
TRANSFORMATION OF NATURAL TERRITORIAL COMPLEXES**

**Zanozin Victor V.**, postgraduate student, Astrakhan State University, 1 Shaumyana Sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, e-mail: victorzan44@gmail.com

**Barmin Aleksandr N.**, D. Sc. in Geography, Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyana Sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, e-mail: abarmin60@mail.ru

**Valov Mikhail V.**, Ph. D. in Geography, Associate Professor, Astrakhan State University, 1 Shaumyana Sq., Astrakhan, 414000, Russian Federation, e-mail: m.v.valov@mail.ru

The solution of practical problems associated with the use of natural territorial complexes involves is a comprehensive study of the latter. It is important to determine the degree of anthropogenic transformation of natural territorial complexes, for which it is necessary to take into account various factors. Researchers, considering the priority in landscape studies, note the relevance of the development of the use of landscape indices in the study of anthropogenic impacts, the classification of anthropogenic modifications of natural complexes, landscape and environmental assessment of areas, etc. The article

presents the analysis of a number of works of Russian-speaking authors, and also considers the results of foreign researches carried out in this direction. The article describes the methods of calculation and assessment of the degree of anthropogenic transformation of the natural geographical complex using the mathematical apparatus. The combined approach in an estimation of transformation of the geosystems, based on synthesis of domestic and western techniques, can be applied to natural territorial complexes of different hierarchical rank.

**Keywords:** natural territorial complex, landscape, anthropogenic transformation, landscape naturalness, indexes of landscape naturalness

Изучение степени антропогенной нагрузки на природные территориальные комплексы (ПТК) до сих пор остаётся одним из перспективных направлений физико-географических исследований. Моделирование таких сложных систем, какими являются трансформированные человеком геосистемы, а также анализ степени их трансформации, до сих пор является сложной и не решённой до конца задачей. Это подтверждается поднятыми на последних ландшафтоведческих конференциях вопросами теоретической и практической направленности (Тюмень – Тобольск, 2017; Воронеж, 2018; Симферополь, 2018). Исследователи рассматривали приоритетность в ландшафтных исследованиях, среди которых отметили такие темы, как применение ландшафтных индексов в изучении антропогенных воздействий, классификации антропогенных модификаций природных комплексов, ландшафтно-экологическая оценка территорий и др.

Основными методами, которые используются для определения степени антропогенной трансформации ПТК, выступают картографический, исторический, сравнительно-географический, метод полевых наблюдений и географического районирования. Особого внимания заслуживают геоинформационный метод и метод дистанционных наблюдений. Зарубежные исследователи широко применяют математические расчёты. Однако даже при таком арсенале методов единой методики расчёта и оценки степени антропогенной преобразованности ПТК пока не существует. Во многом это можно объяснить сложностью объектов исследования, которым присущ эмерджентный характер, часто противоречащий покомпонентной и даже поэлементной оценке трансформированных геосистем. Свой вклад вносят особенности генезиса и функционирования естественных ПТК, которые усложняют механизмы антропогенных изменений. Тем не менее, воздействие человека на ландшафтную оболочку, которая является и местом его обитания, и главной ареной хозяйственной деятельности, нарастает с каждым днем. Это делает актуальным проведение анализа существующих исследований, касающихся вопросов антропогенного преобразования геосистем, причём как отечественных, так и зарубежных, что обусловлено континуальностью ландшафтной сферы. Он позволит синтезировать существующие разработки для выработки единого подхода при решении данной проблемы.

**Подходы к определению степени антропогенной нарушенности природных территориальных комплексов.** На основе анализа работ, посвящённых вопросам оценки нагрузки на природные территориальные комплексы, можно выделить следующие факторы, которые рассматриваются чаще других: распаханность территории, соотношение категорий земель, соотношение угодий, мелиоративная нагрузка (процент мелиорируемых земель) и др. При оценке антропогенной нагрузки, определении степени антропогенной преобразованности ландшафтов исследователи часто вводят балльные шкалы.

И. П. Герасимов предлагает комплексный показатель – предельно допустимую нагрузку (ПНД) на ландшафты [2; 3]. Такой показатель сочетает различные свойства природных систем (в том числе их устойчивость и способность к самоочищению). Его определение требует учёта антропогенных и естественных факторов изменения среды, изучения трофических связей и интенсивности биологического круговорота вещества.

И. Е. Тимашев, учитывая большое число оценочных параметров, выраженных в количественной форме, предложил систему оценки состояния среды [12]. Этот способ предусматривает учёт различных параметров, отражающих воздействие человека на природу. Каждому из них придаётся весовой коэффициент, т. е. показатель его значимости относительно других элементов. Затем параметры переводятся в показатели качества (ПКС) – величины, взятые относительно каких-либо нормативов или фоновых уровней, что позволяет сравнивать измененное состояние природной среды с исходной, получая в итоге обобщённую оценку трансформации природных систем.

С развитием дистанционных, особенно – космических, методов наблюдения появились новые подходы в оценке антропогенной преобразованности ландшафтов. Например, Б. В. Виноградов ввёл оптический эффект антропогенного изменения природных систем [1]. Оптический эффект заключается в разности спектральных коэффициентов неизменной (эталонной) системы и антропогенной производной на её месте. Отрицательный оптический эффект антропогенного воздействия на космическом снимке (в частности, панхроматическом) выражается в более светлом тоне изображения по сравнению с исходным комплексом, что связано с увеличением отражательной способности изменённой системы.

Б. И. Кочуров, опираясь на разработанную концепцию эколого-хозяйственного баланса территории, предлагает свою формулу исчисления суммарной антропогенной нагрузки, где учитывается площадь вида использования земель, балльная оценка антропогенной нагрузки по определённому виду с учётом корректировки по дополнительным факторам (табл. 1) [8].

Коэффициент абсолютной напряжённости территории (в рамках концепции эколого-хозяйственного баланса территории) был введён для того, чтобы показать отношение площади земель сильно нарушенных разработками, промышленностью, транспортом к площади земель, мало тронутых или нетронутых хозяйственной деятельностью территорий. Чем ниже коэффициент, тем благополучнее состояние окружающей среды. Индексы антропогенной нагрузки (АН) рассчитывают на основе анализа структуры землепользования. Показатель эколого-хозяйственного состояния (ЭХС) получают с помощью определения степени АН на различные группы земель путём введения для них экспертных балльных оценок (табл. 2) [4; 5].

Как отмечают другие исследователи, состояние ландшафтов в значительной мере определяется состоянием почвенного покрова и морфолитогенной основы. Их нарушение может привести к полной трансформации природных ландшафтов и утрате ими экологического и ресурсного потенциала. При таких расчётах учитывается среднегодовой объём добычи полезных ископаемых, количество лет деятельности предприятия, коэффициент разубоживания, объёмный вес руды полезного ископаемого и прочие показатели [7].

Таблица 1

**Оценка степени антропогенного воздействия  
по группам видов использования земель (в баллах, по Б. И. Кочурову, 2003)**

Группы видов использования земель	Оценка степени антропогенного воздействия, балл
Неиспользуемые земли	0–3
Сельскохозяйственные земли со сравнительно малой интенсивностью землепользования	4–8
Сельскохозяйственные земли с высокой интенсивностью землепользования	9–12
Застроенные земли (поселений, промышленные транспортные, нарушенные)	13–15

Таблица 2

**Классификация земель по степени антропогенной нагрузки**

Степень АН	Оценка, балл	Группа земель
Высшая	5	Земли инфраструктуры
Значительная	4	Пашня, многолетние насаждения
Средняя	3	Водные объекты, культурные угодья
Незначительная	2	Естественные кормовые угодья
Низшая	1	Земли естественных урочищ, ООПТ

П. Г. Шищенко и др. при общей оценке степени современной антропогенной преобразованности территорий для каждой хозяйственной функции ландшафтов присваивал определённый балл преобразованности по замкнутой столбальной шкале путём экспертной оценки. Охраняемые ландшафты, леса и участки естественной растительности, в зависимости от состояния, соответствия местообитанию, получили значения от 1 до 10 баллов; пастбища и сенокосы по аналогичным критериям – от 11 до 20 баллов; зелёные насаждения, сады и виноградники – до 30 баллов; пашни – до 40 баллов; мелиорированные земли – до 50 баллов; сельские и городские поселения в зависимости от типа и плотности застройки, – от 51 до 70 баллов; искусственные водоёмы, водохранилища, каналы – до 80 баллов; различные коммуникации – до 90 баллов; карьерно-отвалы территории – от 91 до 100 баллов. В итоговой формуле для выявления среднего балла преобразованности учитываются баллы преобразованности отдельных видов природопользования и площади отдельных видов природопользования [13].

П. Г. Шищенко вывел региональный индекс антропогенной преобразованности, где учитывались индекс антропогенной преобразованности, её ранг, доля вида природопользования в ландшафтном регионе и выводился коэффициент антропогенной преобразованности [14]. Каждый вид природопользования имеет свой ранг преобразованности ( $r$ ): природные охраняемые территории – 1; леса – 2; болота и заболоченные земли – 3; луга – 4; сады – 5; пашня – 6; сельскохозяйственная застройка – 7; городская застройка – 8; водохранилища, каналы – 9; земли промышленного использования – 10. Экспертным методом устанавливается вес каждого вида природопользования в суммарной преобразованности региона. Принят индекс глубины преобразованности ( $q$ ): охраняемые территории – 1; леса – 1,05; болота, заболоченные земли – 1,1; луга – 1,15; сады, виноградники – 1,2; пашня – 1,25; сельскохозяйственные застройки – 1,3; городские застройки – 1,35; водохранилища –

1,4; земли промышленного использования – 1,5. Для определения коэффициента антропогенной преобразованности ( $K_{АП}$ ) используется пятиступенчатая шкала преобразованности ландшафтов: 2,0–3,80 – слабо преобразованные; 3,81–5,30 – преобразованные; 5,31–6,50 – среднепреобразованные; 6,51–7,40 – сильно преобразованные; 7,41–8,0 – очень сильно преобразованные.

Позже теоретические наработки П. Г. Шищенко были адаптированы к исследованиям степных условий равнинного Крыма. В частности, предложен алгоритм расчётов для ГИС, дополнены значения рангов и индексов в соответствии с существующими типами природопользования, а также расширена шкала оценки преобразованности ландшафтов [6; 10].

В 2015 г. при проведении картографирования территории волгоградского Заволжья и оценки антропогенной изменённости земель [9] исследователи применили индекс антропогенной нарушенности земель [11] и использовали шкалу рангов антропогенной изменённости земель: 1 – лесные площади и древесно-кустарниковые насаждения, 2 – под водой и болотами, 3 – пастбища, 4 – пашня (включая орошаемую), 5 – промышленно-транспортные и селитебные территории.

Среди зарубежных исследований прослеживается в определённой степени аналогичная ситуация синтеза количественного и качественного анализа степени антропогенной преобразованности геосистем. В 1993 г. G. Peterken выдвинул своё мнение о «естественности». Он выделяет три разновидности (или степени) естественности природы:

- первоначальная естественность – состояние, существовавшее до того, как человек стал значительным экологическим фактором;
- настоящая естественность – состояние, которое преобладало бы сейчас, если бы человек не стал значимым экологическим фактором;
- естественность будущего – состояние, которое развилось бы, если бы влияние человека было полностью и навсегда устранено [26].

В 2004 г. испанским биологом и экологом A. Machado был представлен индекс естественности (an index of naturalness) [22]. Он был применён для анализа трёх областей архипелага Галапагосских островов, а также о. Эль Йерро из группы Канарских островов. По мнению автора, несмотря на то, что применение данного индекса было апробировано на океанических островах, он может применяться в исследованиях и на других территориях. Индекс представляет собой синтез использования привычного качественного фона с элементами описания каждой из цветовых градаций (табл. 3). Как заявляет автор, большинство применений такого индекса могут относиться к территориальным системам, диагностика или присвоение оценок основаны на системном анализе, поэтому изучаемые единицы могут быть экосистемами в любом пространственном масштабе. Поэтому, на наш взгляд, применение такого индекса к геосистемам требует определённой доработки.

По поводу данного индекса сформировалось двоякое мнение. Одни исследователи утверждают, что эти категории очень надуманные. Категории 10 и 1 являются спорными, так как в настоящее время «полностью естественных территорий больше не существует» [24].

Таблица 3

**Категории «индекса естественности» (по Мачадо, 2004)**

Категория	Описание
10	Естественная девственная природа; только природные элементы и процессы. Возможно случайное присутствие незначительных или едва заметных элементов антропогенного характера или совершенно незначительное физико-химическое загрязнение, исходящее из внешних антропогенных источников
9	Естественные комплексы; физико-химическое воздействие присутствуют незначительно и неявно выражено либо отсутствует
8	Субестественная система; возможно длительное присутствие экзотических видов, не доминирующих в данном комплексе. Случайные загрязнения обрабатываются самой системой (не выходят за рамки устойчивости). Возможна незначительная добыча возобновляемых ресурсов. Естественная динамика немного изменена
7	Квазиестественная система; экстенсивная антропогенная деятельность с низким физическим воздействием; дикие экзотические виды хорошо известны, но не являются коминантами; природные структуры изменены, но не искажены. Небольшое изменение гидрографического режима со стороны человека
6	Полуестественная система; антропогенное вмешательство на низком уровне, локальное. Возможно доминирование диких экзотических видов; родные элементы значительно уменьшены. Присутствует добыча возобновляемых ресурсов. Общая динамика по-прежнему контролируется естественными процессами. Примеры: заброшенные культурные системы, проходит естественное восстановление экосистем
5	Культурно-охраняемая система; процессы, обусловленные обширной деятельностью человека; биологическое производство не слишком форсированное. Местные биологические виды изменяются. Присутствует незначительное антропогенное влияние на гидрологический режим системы. Мало или нет управления водным циклом (пассивное)
4	Система «культурного содействия»; присутствует умеренное антропогенное воздействие (физико-химическое, биологическое). Природные элементы встречаются «фациально». Антропогенное воздействие на гидрологический режим выше среднего
3	Система с высокой степенью нагрузки. Присутствуют территории застройки и инфраструктуры. Природное биоразнообразие сильно сокращено; его элементы довольно изолированные (интенсивная фрагментация). Трансформация рельефа и почв
2	Полутрансформированная система. Преобладание урбанизированных территорий. Интенсивный ввод энергии и вещества (удобрений, воды) извне. Высокое антропогенное воздействие на гидрологический режим
1	Преобразованная система с очень высокой антропогенной нагрузкой. Фактическое отсутствие естественных территориальных комплексов. Полная зависимость внешних входов вещества и энергии. Очень высокое антропогенное воздействие на гидрологический режим
0	Искусственная закрытая система; система без самостоятельной жизни на макроуровне; микроскопическая жизнь отсутствует

По мнению других учёных, А. Machado представил хорошо продуманный план реализации концепции естественности на Галапагосском архипелаге, о. Эль Йерро и части Канарских островов [29].

Широкое применение нашел индекс гемеробности. Концепция гемеробности была первоначально разработана для измерения воздействия человека на флору и растительность. Сам термин был введен ботаником J. Jalas [20]. Термин получен из слияния греческих слов *hémeros* (прирученных, культивируемых) и *bíos* (жизнь). Позже эта концепция была применена ко всем экосистемам, и индекс гемеробности стали рассматривать как интегративную меру воздействия всего человеческого, степень вмешательства в экосистемы [21]. Позже немецкими исследователями этот индекс был дополнен и в итоге получилась семибалльная шкала для оценки гемеробности на ландшафтном уровне, т. е. исследовалось человеческое воздействие для отдельной территориальной единицы (табл. 4) [29].

Таблица 4

**Уровни гемеробности (по Walz Ulrich & Stein Christian, 2014)**

Уровень гемеробности	Примеры ПТК	Степень антропогенного воздействия / преобразованности
Агемеробный (ahemerobic)	Ненарушенные скалистые, болотные, тундровые области	Отсутствует
Олигогемеробный (oligohemerobic)	Развивающиеся низинные и верховые болота	Незначительная (выпас скота, эвтрофия)
Мезогемеробный (mesohemerobic)	Насаждения чуждых данному местообитанию пород деревьев с развитым кустарниковым и травяным ярусами, пустоши, суходольные и малопродуктивные луга	Умеренная (распашка)
β-эвгемеробный (β-euhemerobic)	Интенсивно используемые пастбища, луга и леса	Средняя
α-эвгемеробный (α-euhemerobic)	Сельскохозяйственные угодья с типичной развитой флорой сорняков	Выше среднего (регулярная вспашка, умеренное внесение минеральных удобрений)
Полигемеробный (polyhemeric)	Декоративные газоны, сады, виноградники	Высокая (глубокая или плантажная вспашка, постоянное осушение и (или) интенсивное орошение)
Метагемеробный (metahemerobic)	Городские территории	Максимальная

В 2009 г. были выведены критерии для классификации естественности ПТК с последующим присвоением территории одного из четырех уровней градаций: почти не нарушенная территория (High naturalness), территория со средней степенью естественности (Semi-natural), сельскохозяйственная территория (Agricultural), полностью нарушенная территория (Artificial). Как пишут авторы, «индекс оценки естественности (The Naturalness Evaluation Index) был применен для оценки земель о. Сицилия (Италия), но может применяться для исследований по всей территории Европы» [15].

В том же году исследователями Болонского университета (Италия) был представлен научный отчет [19]. В своей работе они исследовали Северные Апеннины, где также оценивали степень естественности территории. Исследователи представили индекс естественности растительности (The Index of Vegetation Naturalness), который, по их словам, является преобразованным индексом сохраненности ландшафта (the Index of Landscape Conservation) [27]. Он также может быть интегрирован с индексом “Total Edge Contrast Index” (TECI) [23].

На основе анализа фитосоциологических карт и своих расчётов исследователи показали степень естественности, которая упорядочена в соответствии с уменьшением воздействия человека (табл. 5).

Таблица 5

**Степени естественности по индексу естественности растительности,  
(по Carlo Ferrari и др., 2009)**

Индекс	Наименование степени	Описание
DA	Урбанизированный	Вмешательство человека в такой степени, что растительность либо почти отсутствует (территории инфраструктуры), либо доминируют виды, посаженные в декоративных целях (парки и сады)
DB	Сельскохозяйственный	Представлена растительность, из которой доминирующие виды высаживаются и культивируются в экономических целях (например, поля, сады, районы, обработанные лесом)
DC	Полуестественный	Представлена растительность, содержание которой в значительной степени спонтанное, её структура изменяется таким образом, что теперь она относится к другому типу образования (например лугу или пастбищу, происходящему из леса)
DD	Субьестественный	Представлена растительность, которая в определённой степени зависит от человека, но всё же относится к тому же (структурному) типу образования, что и естественная система, из которой она происходит (леса)
DE	Естественный	Растительность с минимальным влиянием человека; эта степень содержит растительность, близкую к условию до определённых условий (до 1750 г.)

В 1988 г. был рассмотрен индекс урбанизированности (urbanity index) [25], который позже был использован при изучении центральной части австрийской провинции Нижняя Австрия вокруг крупнейшего города этой земли – Санкт-Пёльтен [30]. В 2017 г. зарубежными исследователями для анализа водосборов рек Жакаре-Гуасу и Жакаре-Пегира этот индекс был немного упрощён. В исследованиях учитывались площади застройки, площади сельскохозяйственных районов (пахотные земли, сельскохозяйственные угодья), лесных районов, водных и водно-болотных угодий, естественных или полуестественных биотопов [18].

В 2012 г. группа учёных представила среднюю степень естественности (mean degree of naturalness, Nd) [28]. Степень естественности (Nd) представляет расширенную концепцию гемеробности, а семибалльная шкала (табл. 6) позволяет отразить антропогенное воздействие на растения, животный мир и экосистемы в целом. Семь представленных степеней естественности могут быть подразделены с использованием десятичных дробей для описания промежуточных состояний в зависимости от имеющихся карт землепользования и земельного покрова, а также карт тематической направленности. В своей работе исследователи упомянули и работу А. Machado, указав, что он рассмотрел и обсудил различные подходы, направленные на оценку степени естественности, включая концепцию, близкую к концепции гемеробности.



Таблица 6

**Семибалльная шкала на основе индекса степени естественности  
 (по Rüdissler, Tasser и Tarpeiner, 2012)**

Степень естественности	Описание	Примеры типов землепользования (на примере Австрии)
1. Природная (Natural)	Природные системы без или только с минимальным антропогенным влиянием (например, учитывается глобальное загрязнение)	Голые скалы, малонаселённые районы, ледники и вечные снега, внутренние болота, торфяники; природные леса
2. Почти естественная (Near-natural)	Природная структура и тип экосистемы в основном такие же, как и в естественных условиях, но некоторые характеристики (например, видовой состав растений) изменяются в результате антропогенного воздействия	Естественные пастбища (выше лесной полосы), болота и пустоши
3. Полуестественная (Semi-natural)	Природная экосистема была преобразована в новый тип экосистемы из-за антропогенной деятельности	Альпийские луга, восстановленные леса, пастбища,
4. Преобразованная (Altered)	Помимо измененного типа экосистемы, присутствует антропогенная нагрузка на почвы (например, осушение, интенсивное оплодотворение)	Виноградники, интенсивно используемые луга
5. Культивированная (Cultural)	Интенсивные регулярные воздействия приводят к разрушению почвенного покрова. Природные ПТК сведены к минимуму (охват < 25 %)	Пахотная земля, зелёные городские районы
6. Искусственная с природными элементами (Artificial with natural elements)	Искусственные системы с природными элементами; интенсивные и необратимые изменения рельефа и ландшафтной структуры	Сельские поселения, участки добычи полезных ископаемых, свалки, аэропорты
7. Искусственная (Artificial)	Искусственные системы или конструкции	Сплошная территория застройки, промышленные объекты и зоны инфраструктуры, дороги и железнодорожные сети

В 2017 г. исследователи из США представили полимасштабный индекс ландшафтной целостности (multiscale index of landscape intactness), разработанный для оценки западных территорий США. Индекс представляет собой сопоставление пространственных данных о транспортной нагрузке, энергетическом комплексе и добыче полезных ископаемых, площади сельского хозяйства и застройки территорий. Для анализа данных был использован метод 2,5-километрового и 20-километрового скользящего кругового окна. Многомасштабный индекс ландшафтной целостности призван быть гибким, удобным и применимым в разных пространственных масштабах, экологических границах и может быть применён и на других территориях [17].

В том же году исследователи из Тюбингенского университета (Германия), анализируя разновременные показатели LULC (соотношение территорий землепользования / земной поверхности), использовали индекс истощения природных ресурсов (index for Natural Resource Depletion). Исследователи описывали изменения в экосистеме саванн вокруг лагеря беженцев «Джабаль» (восточные территории Чада), применив при этом деление территории шестиугольной сеткой диаметром 1 км и использовав радарные данные дистанционного зондирования Земли [16].

Анализ рассмотренных работ показывает, что основными факторами, на которые опираются авторы в своих работах по исследованию антропогенной трансформации геосистем, являются следующие: уровень застройки, площади инфраструктуры, уровень использования земли, антропогенное воздействие на гидрологический режим, состояние сельскохозяйственных территорий. Значительное внимание уделяется также степени преобразованности природных компонентов. Многие исследователи при анализе трансформации геосистем используют балльную оценку, нередко применяют математический аппарат (формулы по анализу антропогенной преобразованности геосистем представлены в табл. 7).

Таблица 7

Сводная таблица возможных формул для расчёта степени антропогенной преобразованности территории

Индекс	Формула	Переменные
Обобщённая оценка трансформации природных систем (Шищенко, 1988)	$V = \sum_{i=1}^n (Vi)_1 k_i - \sum_{i=1}^n (Vi)_2 k_i$	$(Vi)_1$ – показатели качества (ПКС) для параметра $i$ ; изменённого в процессе антропогенного воздействия; $(Vi)_2$ – исходный ПКС для параметра $i$ ; $k_i$ – значение весового коэффициента параметра $i$ ; $n$ – общее число параметров
Оптический эффект антропогенного изменения природных систем (Виноградов, 1984)	$\Delta p = p_z - p_i$	$P_z$ – спектральные коэффициенты неизменной (эталонной) системы; $P_i$ – спектральные коэффициенты антропогенной производной
Коэффициенты абсолютной ( $K_a$ ) и относительной ( $K_o$ ) напряжённости эколого-хозяйственного состояния территории (Двинских, 2011; Егоренков, 2005)	$K_a = \frac{AH_6}{AH_1},$ $K_o = \frac{AH_4 + AH_5 + AH_6}{AH_1 + AH_2 + AH_3}$	AH – антропогенная нагрузка земель по экспертной балльной оценке (см. табл. 1)
Коэффициент площади нарушенных земель $S$ (Комплексное экологическое..., 1997)	$S = \frac{Q \cdot K_l \cdot K_p / V + Q \cdot K_l \cdot K_{вскр.}}{0,5h}$	$Q$ – среднегодовой объем добычи полезных ископаемых (млн т); $K_l$ – количество лет деятельности предприятия (за $n$ лет минус 5); $K_p$ – коэффициент разубоживания; $V$ – объёмный вес руды, полезного ископаемого

Продолжение таблицы 7

		$t/m^3$ ; $K_{\text{вскр.}}$ – усреднённый коэффициент вскрыши (по справочнику); $h$ – максимальная глубина выработок, м (при расчёте учитывается $0,5h$ , т. к. указанная величина достигается лишь на небольшой части нарушенных площадей)
Средний балл преобразованности (Шищенко и др., 1988)	$B = B_1P_1 + B_2P_2 + \dots + \frac{B_nP_n}{100}$	$B_1, B_2, B_n$ – баллы преобразованности отдельных видов природопользования; $P_1, P_2 \dots P_n$ – площади отдельных видов природопользования, %.
Региональный индекс антропогенной преобразованности (Михайлов, 2012)	$U_{an} = \sum (rq)^i$	$U_{an}$ – индекс антропогенной преобразованности; $r$ – её ранг; $q$ – доля данного вида природопользования в ландшафтном регионе, %
Степень антропогенной преобразованности ландшафтов региона (Шищенко, 1988)	$K_{an} = \frac{\sum (ri \cdot pi \cdot q)n}{100}$	$K_{an}$ – коэффициент антропогенной преобразованности; $r$ – ранг антропогенной преобразованности ландшафтов $i$ -ым видом использования; $p$ – площадь ранга, %; $q$ – индекс глубины преобразованности ландшафта; $n$ – количество выделов в пределах контура ландшафтного региона
Индекс антропогенной нарушенности земель (Рулев, 2007)	$ИИ = \sum_{i=1}^{i=m} (NiSi)Sck$	$Si$ – площадь вида землепользования, $км^2$ , %; $Ni$ – ранг, или коэффициент нарушенности ландшафта; $Sck$ – площадь квадрата сканирования; $i$ – порядковый номер вида нарушений; $m$ – количество видов нарушений
Суммарная антропогенная нагрузка (Кочуров, 2008)	$An = \sum_{i=1}^n S_i \cdot B_i$	$S$ – площадь ( $i$ -го) использования земель, %; $B$ – балльная оценка антропогенной нагрузки по $i$ -му виду с учётом корректировок по дополнительным факторам; $n$ – число групп
Индекс урбанизированности (urbanity index; Wrбка, 2004)	$\log_{10} \left( \frac{U + A}{F + W + B} \right)$	$U$ – городская площадь; $A$ – сельскохозяйственные районы (пахотные земли, сельскохозяйственные угодья); $F$ – лесные районы; $W$ – водные и водноболотные угодья; $B$ – естественные или полустественные биотопы (естественные районы)

Продолжение таблицы 7

Индекс урбанизированности упрощённый (Costa, 2017)	$UI = \text{Log}10 \left[ \frac{U + A}{F + W} \right]$	А – сельскохозяйственная площадь; U – городская зона; F – площадь естественной растительности; W – водная среда и водно-болотные угодья
Индекс истощения природных ресурсов (index for Natural Resource Depletion; Braun, 2017)	$NRD = t^1 - t_0$	«Вес» соотношений разновременных показателей LULC (территорий землепользования / земной поверхности $t^1$ и $t^0$ )
Нормализованный площадной индекс гемеробности (Normalized area-weighted hemeroby index; Walz, 2014)	$M = 100 \sum_{i=1}^n \frac{f_n \cdot h}{n}$	$n$ – количество степеней гемеробности (здесь 7, см. табл. 4); $f_n$ – доля категории; $h$ – степень гемеробности (см. табл.4); $M$ – индекс гемеробности
Упрощённый площадной индекс гемеробности (Simple area-weighted hemeroby index; Walz, 2014)	$M = 100 \sum_{i=1}^n f_n \cdot h$	$n$ – количество степеней гемеробы (здесь 7, см. табл.4); $f_n$ – доля категории; $h$ – степень гемеробности (см. табл.4); $M$ – индекс гемеробности
Средняя степень естественности (mean degree of naturalness; Rüdissler, 2012)	$N_d = \sum_{i=1}^n p_i \cdot m_i$	$n$ – количество типов землепользования; $p_i$ – доля площади типа землепользования $i$ на общей площади единицы; $m_i$ – степень естественности (см. табл. 6)
Индекс оценки естественности (The Naturalness Evaluation Index, NEI; Baiamonte, 2009)	$NEI = \frac{C_1 + 2C_2 + 3C_3}{3(C_0 + C_1 + C_2 + C_3)}$	$C_0$ – площадь, покрытая искусственными системами; $C_1$ – площадь, покрытая сельскохозяйственными системами; $C_2$ – область, охватываемая полуприродными системами; $C_3$ – область, охватываемая системами высокой естественности

Анализ антропогенной преобразованности геосистем, на наш взгляд, должен проводиться сопряжённо, с учётом взаимосвязей между компонентами ПТК и факторов трансформации. Наиболее перспективным подходом является адаптация к региональным исследованиям индекса средней степени естественности (mean degree of naturalness, Nd) как наиболее полного индекса, сочетающего в себе все основные критерии оценки преобразованности ПТК. Данный индекс может быть дополнен расчётами по коэффициенту площади нарушенных земель ( $S$ ). Вполне обоснованным является применение алгоритмических расчётов в ГИС, а также данных дистанционного зондирования оптического и радиодиапазонов. Комбинированный подход в оценке трансформации геосистем, основанный на синтезе отечественных и западных методик, может быть применён к ПТК различного иерархического ранга.

Список литературы

1. Виноградов, Б. В. Аэрокосмический мониторинг экосистем / Б. В. Виноградов. – Москва : Наука, 1984. – 320 с.
2. Герасимов, И. П. Научные основы современного мониторинга окружающей среды / И. П. Герасимов // Известия АН СССР. Сер. Геогр. – 1975. – № 3. – С.13–25.
3. Герасимов, И. П. Экологические проблемы в прошлой, настоящей и будущей географии мира / И. П. Герасимов. – Москва : Наука, 1985. – 247 с.
4. Двинских, С. А. Экология лесопарковой зоны города / С. А. Двинских, Н. Г. Максимович, К. И. Малеев, О. В. Ларченко ; под общ. ред. С. А. Двинских. – Санкт-Петербург : Наука, 2011. – 154 с.
5. Егоренков Л. И. Геоэкология / Л. И. Егоренков, Б. И. Кочуров. – Москва : Финансы и статистика, 2005. – 320 с.
6. Калинин, И. В. Оценка антропогенной преобразованности ландшафтов равнинного Крыма / И. В. Калинин, В. А. Михайлов, Е. А. Позаченюк // Научные ведомости. Сер. Естественные науки. – 2016. – № 25 (246). – Вып. 37. – С. 156–168.
7. Комплексное экологическое картографирование. (Географический аспект) / под ред. Н. С. Касимова. – Москва : Московский ун-т, 1997. – С. 48–49.
8. Кочуров, Б. И. Экодиагностика и сбалансированное развитие / Б. И. Кочуров. – Москва – Смоленск : Маджента, 2003. – 384 с.
9. Кулик, К. Н. Использование ГИС-технологий при оценке антропогенной нагрузки на агроландшафты волгоградского Заволжья / К. Н. Кулик, Н. А. Ткаченко, А. В. Кошелев // Известия ОГАУ. – 2015. – № 2 (52). – С. 161–163.
10. Михайлов, В. А. Оценка антропогенной преобразованности ландшафтов с помощью ГИС (на примере Крымского Присивашья) / В. А. Михайлов // Современные научные исследования и инновации. – 2012. – № 10 (18). – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2012/10/17103>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (Дата обращения: 23.09.2018).
11. Рулев, А. С. Ландшафтно-географический подход в агролесомелиорации / А. С. Рулев. – Волгоград : ВНИАЛМИ, 2007. – 160 с.
12. Тимашев, И. Е. Ландшафтный прогнозный анализ при разработке региональных водохозяйственных систем (методологический подход) / И. Е. Тимашев // Рациональное использование водных ресурсов. – 1988. – Вып. 12. – 224 с.
13. Шищенко, П. Г. Освоение и преобразованность ландшафтов среднего Приднепровья / П. Г. Шищенко, С. П. Романчук, Ю. В. Щур // Антропогенные ландшафты: структура, методы и прикладные аспекты изучения. – Воронеж : ВГУ, 1988. – С. 42–47.
14. Шищенко, П. Г. Прикладная физическая география / П. Г. Шищенко. – Киев : Выща школа, 1988. – 192 с.
15. Baiamonte, G. Land mosaic naturalness evaluation: a proposal for European landscapes / G. Baiamonte, G. Bazan, F. M. Raimondo // European IALE Conference. – 2009. – DOI: 10.13140/2.1.1236.4489.
16. Braun, A. SAR-Based Index for Landscape Changes in African Savannas / A. Braun, V. A. Hochschild // Remote Sensing. – 2017. – Vol. 9. – 359 p. – DOI: 10.3390/rs9040359.
17. Carr, N. B. A Multiscale Index of Landscape Intactness for Management of Public Lands / N. B. Carr, I. F. Leinwand, D. J. A. Wood // U.S. Geological Survey Open-File Report 2016–2017. – 2017. – P. 55–74. DOI: 10.3133/ofr20161207.
18. Costa, R. T. Land Use / Cover and Naturalness Changes for Watershed Environmental Management (Southeastern Brazil) / R. T. Costa, C. F. Gonçalves, A. T. Fushita, J. E. dos Santos // Journal of Geoscience and Environment Protection. – 2017. – Vol. 5. – P. 1–14. – DOI: 10.4236/gep.2017.511001.
19. Ferrari, C. Evaluating landscape quality with vegetation naturalness maps: An index and some inferences / C. Ferrari, G. Pezzi, L. Diani, M. Corazza // Applied Vegetation Science. – 2009. – Vol. 11. – P. 243–250. – DOI: 10.3170/2008-7-18400.
20. Jalas, J. Hemerobe und hemerochore Pflanzenarten. Ein terminologischer Reformversuch [Hemerobic and hemerochoric and plant species. An attempt of a termino-

logical reform] / J. Jalas // Acta Societatis pro Fauna et Flora Fennica. – 1955. – Vol. 72. – P. 1–15.

21. Kowarik, I. Zum menschlichen Einfluss auf Flora und Vegetation: Theoretische Konzepte und ein Quantifizierungsansatz am Beispiel von Berlin (West) [To the human impact on flora and vegetation: Theoretical concepts and a quantification approach using the example of Berlin (West)] / I. Kowarik // Landschaftsentwicklung und Umweltforschung. – 1988. – Vol. 56. – P. 1–280.

22. Machado, A. An index of naturalness / A. Machado // Journal for Nature Conservation. – 2004. – Vol. 12. – P. 95–110.

23. McGarigal, K. E. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure / K. E. McGarigal, B. J. Marks // Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station. – Portland, OR, US, 1995.

24. Mike, A. Management Planning for Nature Conservation a Theoretical Basis & Practical Guide / A. Mike. – Springer Netherlands, 2013. – 508 p.

25. O'Neill, R. V. Indices of landscape pattern / R. V. O'Neill, J. R. Krummel, R. H. Gardner, G. Sugihara, B. Jackson, D. L. DeAngelis, B. T. Milne, M. G. Turner, B. Zygmunt, S. W. Christensen, V. H. Dale, R. L. Graham // Landscape Ecology. – 1988. – Vol. 1 (3). – P. 153–162.

26. Peterken, G. F. Woodland Conservation and Management / G. F. Peterken. – London : Chapman and Hall, 1993.

27. Pizzolotto, R. An index to evaluate landscape conservation state based on land-use pattern analysis and Geographic Information System techniques / R. Pizzolotto, P. Brandmayr // Coenoses. – 1996. – Vol. 11. – P. 37–44.

28. Rüdiger, J. Distance to nature – A new biodiversity relevant environmental indicator set at the landscape level / J. Rüdiger, E. Tasser, U. Tappeiner // Ecological Indicators. – 2012. – Vol. 15. – P. 208–216. – DOI: 10.1016/j.ecolind.2011.09.027.

29. Walz, U. Indicators of hemeroby for the monitoring of landscapes in Germany / U. Walz, C. Stein // Journal for Nature Conservation. – 2014. – Vol. 22. – P. 279–289. – DOI: 10.1016/j.jnc.2014.01.007.

30. Wrbka, T. Linking Pattern and Process in Cultural Landscapes. An Empirical Study Based on Spatially Explicit Indicators / T. Wrbka, K. H. Erb, N. B. Schulz, J. Peterseil, C. Hahna, H. Haberl // Land Use Policy. – 2004. – Vol. 21. – P. 289–306. – DOI: /10.1016/j.landusepol.2003.10.012.

### References

1. Vinogradov, B. V. *Aerokosmicheskiy monitoring ekosistem* [Aerospace monitoring of ecosystems]. Moscow, Nauka Publ., 1984, 320 p.

2. Gerasimov, I. P. Nauchnye osnovy sovremennogo monitoringa okruzhayushchey sredy [Scientific foundations of modern environmental monitoring]. *Izvestiya AN SSSR. Seriya "Geografiya"* [Bulletin of the USSR Academy of Sciences. Series "Geography"], 1975, no. 3, pp. 13–25.

3. Gerasimov, I. P. *Ekologicheskie problemy v proshloy, nastoyashchey i budushchey geografii mira* [Ecological problems in the past, present and future geography of the world]. Moscow, Nauka Publ., 1985, 247 p.

4. Dvinskikh, S. A., Maksimovich, N. G., Maleev, K. I., Larchenko, O. V. *Ekologiya lesoparkovoy zony goroda* [Ecology of the forest-park zone of the city]. Ed. by S. A. Dvinskikh. St. Petersburg, Nauka Publ., 2011, 154 p.

5. Yegorenkov, L. I., Kochurov, B. I. *Geoekologiya* [Geoecology]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 2005, 320 p.

6. Kalinchuk, I. V., Mikhaylov, V. A., Pozachenyuk, Ye. A. Otsenka antropogennoy preobrazovannosti landshaftov ravninnogo Kryma [Evaluation of the anthropogenic transformation of landscapes of the plain Crimea]. *Nauchnye vedomosti. Seriya "Yestestvennye nauki"* [Scientific Sheets. Series "Natural Sciences"], 2016, no. 25 (246), iss. 37, pp. 156–168.

7. *Kompleksnoe ekologicheskoe kartografirovaniye. (Geograficheskiy aspekt)* [Integrated environmental mapping. (Geographical aspect)]. Ed. by N. S. Kasimov. Moscow, Lomonosov Moscow State University Publ., 1997, pp. 48–49.
8. Kochurov, B. I. *Ekodiagnostika i sbalansirovannoe razvitiye* [Ecodiagnosics and balanced development]. Moscow, Smolensk, Madzhenta Publ., 2003, 384 p.
9. Kulik, K. N., Tkachenko, N. A., Koshelev, A. V. Ispolzovanie GIS-tekhnologiy pri otsenke antropogennoy nagruzki na agrolandschafty volgogradskogo Zavolzhya [The use of GIS technology in assessing the anthropogenic load on the agrolandscapes of the Volgograd Trans-Volga]. *Izvestiya OGAU* [News of the OGAU], 2015, no. 2 (52), pp. 161–163.
10. Mikhaylov, V. A. *Otsenka antropogennoy preobrazovannosti landschaftov s pomoshchyu GIS (na primere Krymskogo Prisivashya)* [Evaluation of the anthropogenic transformation of landscapes using GIS (for example, the Crimean Sivash)]. Available at: <http://web.snauka.ru/issues/2012/10/17103> (Accessed: 23.09.2018).
11. Rulev, A. S. *Landshaftno-geograficheskiy podkhod v agrolesomeliorsii* [Landscape-geographical approach in agroforestry]. Volgograd, VNIALMI Publ., 2007, 160 p.
12. Timashev, I. Ye. Landshaftnyy prognoznyi analiz pri razrabotke regio-nalnykh vodokhozyaystvennykh sistem (metodologicheskiy podkhod) [Landscape forecasting analysis in the development of regional water management systems (methodological approach)]. *Ratsionalnoe ispolzovanie vodnykh resursov* [Rational use of water resources], 1988, iss. 12, 224 p.
13. Shishchenko, P. G., Romanchuk, S. P., Shchur, Yu. V. Osvoeniye i preobrazovannost landschaftov srednego Pri-dneprovya [Development and transformation of landscapes of the middle Dnieper]. *Antropogennyye landschafty: struktura, metody i prikladnyye aspekty izucheniya* [Anthropogenic landscapes: structure, methods and applied aspects of study]. Voronezh, Voronezh State University Publ., 1988, p. 42–47.
14. Shishchenko, P. G. *Prikladnaya fizicheskaya geografiya* [Applied physical geography]. Kiev, Vyscha shkola Publ., 1988, 192 p.
15. Baiamonte G., Bazan G., Raimondo, F. M. Land mosaic naturalness evaluation: a proposal for European landscapes. *European IALE Conference*, 2009. DOI: 10.13140/2.1.1236.4489.
16. Braun A., Hochschild, V. A. SAR-Based Index for Landscape Changes in African Savannas. *Remote Sensing*, 2017, vol. 9, 359 p. DOI: 10.3390/rs9040359.
17. Carr, N. B., Leinwand, I. F., Wood, D. J. A. A Multiscale Index of Landscape Intactness for Management of Public Lands. *U.S. Geological Survey Open-File Report 2016–2017*, 2017, pp. 55–74. DOI: 10.3133/ofr20161207.
18. Costa, R. T., Gonçalves, C. F., Fushita, A. T., dos Santos, J. E. Land Use / Cover and Naturalness Changes for Watershed Environmental Management (Southeastern Brazil). *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 2017, vol. 5, pp. 1–14. DOI: 10.4236/gep.2017.511001.
19. Ferrari, C., Pezzi, G., Diani, L., Corazza, M. Evaluating landscape quality with vegetation naturalness maps: An index and some inferences. *Applied Vegetation Science*, 2009, vol. 11, pp. 243–250. DOI: 10.3170/2008-7-18400.
20. Jalas, J. Hemerobe und hemerochore Pflanzenarten. Ein terminologischer Reformversuch [Hemerobic and hemerochoric and plant species. An attempt of a terminological reform]. *Acta Societatis pro Fauna et Flora Fennica*, 1955, vol. 72, pp. 1–15.
21. Kowarik, I. Zum menschlichen Einfluss auf Flora und Vegetation: Theoretische Konzepte und ein Quantifizierungsansatz am Beispiel von Berlin (West) [To the human impact on flora and vegetation: Theoretical concepts and a quantification approach using the example of Berlin (West)]. *Landschaftsentwicklung und Umweltforschung*, 1988, vol. 56, pp. 1–280.
22. Machado, A. An index of naturalness. *Journal for Nature Conservation*, 2004, vol. 12, pp. 95–110.

23. McGarigal, K. E., Marks, B. J. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. *Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-351. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station*. Portland, OR, US, 1995.
24. Mike, A. Management Planning for Nature Conservation a Theoretical Basis & Practical Guide. *Springer Netherlands*, 2013, 508 p.
25. O'Neill, R. V., Krummel, J. R., Gardner, R. H., Sugihara, G., Jackson, B., DeAngelis, D. L., Milne, B. T., Turner, M. G., Zygmunt, B., Christensen, S. W., Dale, V. H., Graham, R. L. Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology*, 1988, vol. 1 (3), pp. 153–162.
26. Peterken, G. F. *Woodland Conservation and Management*. London, Chapman and Hall Publ., 1993.
27. Pizzolotto, R., Brandmayr, P. An index to evaluate landscape conservation state based on land-use pattern analysis and Geographic Information System techniques. *Coenoses*, 1996, vol. 11, pp. 37–44.
28. Rüdiger, J., Tasser, E., Tappeiner, U. Distance to nature – A new biodiversity relevant environmental indicator set at the landscape level. *Ecological Indicators*, 2012, vol. 15, pp. 208–216. DOI: 10.1016/j.ecolind.2011.09.027.
29. Walz, U., Stein, C. Indicators of hemeroby for the monitoring of landscapes in Germany. *Journal for Nature Conservation*, 2014, vol. 22, pp. 279–289. DOI: 10.1016/j.jnc.2014.01.007.
30. Wrška, T., Erb, K. H., Schulz, N. B., Peterseil, J., Hahn C., Haberl, H. Linking Pattern and Process in Cultural Landscapes. An Empirical Study Based on Spatially Explicit Indicators. *Land Use Policy*, 2004, vol. 21. pp. 289–306. DOI: /10.1016/j.landusepol.2003.10.012.

## ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВОДООТВОДНЫХ КАНАЛОВ ЗАСТРОЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ АГЛОМЕРАЦИЙ

**Попова Валентина Владимировна**, старший преподаватель, Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, Российская Федерация, 644008, г. Омск, пл. Институтская, 1, e-mail: vv.popova@omgau.org

**Троценко Ирина Александровна**, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, Российская Федерация, 644008, г. Омск, пл. Институтская, 1, e-mail: ia.trotsenko@omgau.org

**Колесниченко Сергей Сергеевич**, магистрант, Омский государственный аграрный университет им. П. А. Столыпина, Российская Федерация, 644008, г. Омск, пл. Институтская, 1, e-mail: ss.kolesnichenko1826@omgau.org

Защита от негативных процессов подтопления и затопления – один из наиболее важных элементов благоустройства городов и населённых пунктов. Основной задачей исследований является разработка комплекса инженерно-технических, организационно-хозяйственных мероприятий, направленных на защиту от подтопления жилой застройки, хозяйственных объектов и территории населённого пункта на примере г. Купино Новосибирской области. Анализ неблагоприятной экологической ситуации показывает, что причинами нарушения поверхностного стока и подтопления территории является изменения естественного рельефа, а также отсутствие вертикальной планировки и ливневой канализации. В результате непосредственного затопления поверхностными водами разрушению подвержены фундаменты зданий и сооружений, которые под вредным воздействием вод постепенно разрушаются и приходят в аварийное состояние. Территория инженерной защиты частично включает в себя застроенную часть г. Купино и составляет 286 га. Отвод поверхностных