

**Чижиков Илья Александрович**  
Chizhikov I.A.

Аспирант ФГБОУ ВПО «МГСУ», Москва  
Graduate, Moscow  
E-mail: ilya2@mail.ru

**Применение методов прикладной квалиметрии для определения  
экологической оценки грунтовых сооружений в сложных  
гидрогеологических условиях**

Practice of applied qualimetry methods for environmental assessment of soil structures  
in complex hydrogeological conditions

**Аннотация:** В статье рассматривается предложенный автором метод экологической оценки грунтовых сооружений в сложных гидрогеологических условиях. В качестве примера исследовалась автомобильная дорога близ г. Салыма (Западная Сибирь). Автором предложен метод экологической оценки – метод «дерева результатов», основанный на методе прикладной квалиметрии архитектурно-строительного проектирования, позволивший провести анализ трех различных методов строительства на слабых грунтах (метод выторфовки, лежневой настил, биопозитивная конструкция с применением армогрунтовых геосинтетических материалов).

**The Abstract:** This article presents environmental assessment of soil structures for complex hydrogeological conditions. Road near Salyma (Western Siberia) was studied for illustrative purposes. The author suggested environmental assessment that is a flowchart based on applied qualimetry CSA method. It enabled to analyze three different construction methods in soft soils (peat reclamation, plank road, biopositive structure using reinforced ground geotechnical materials).

**Ключевые слова:** экологическая оценка, квалиметрия, грунтовые сооружения, дорожные насыпи, биопозитивная конструкция.

**Keywords:** environmental assessment, qualimetry, soil structures, road fills, biopositive structure.

\*\*\*

К грунтовым сооружениям относятся ограждающие водопорные дамбы и плотины, автомобильные и железные дороги, селитебные и промышленные районы, полигоны ТБО, шламохранилища и другие объекты в которых основными конструктивными элементами являются сооружения из грунта.

В России большое количество грунтовых сооружений производится на территориях характеризующихся сложными гидрогеологическими условиями водонасыщенные глинистые грунты, болота, торфы, и т.д. Все эти составляющие ландшафта являются основой для развития различных экосистем, и преобразование этих оснований в техногенных целях ведет к серьезным изменениям природных экосистем с образованием природно-технических систем (ПТС).

Значительная часть грунтовых сооружений представлена дорожными насыпями. Строительство дорожных насыпей с применением экстенсивных методов, таких как замена слабых грунтов основания на пески или щебень или устройство лежневых настилов, характеризуется высокой энерго- и материалоемкостью, наносит существенный вред окружающей среде. В этих случаях наблюдается изменение гидродинамического режима, заболачивание территорий, образуется большое количество техногенных грунтов. Альтернативным решением послужило создание «дружественных окружающей среде» технологий, биопозитивных проектных решений с применением современных строительных материалов (высокопрочных геосинтетических материалов) [2,4,5,6,7].

Для определения степени воздействия на окружающую среду традиционных методов строительства и метода с применением биопозитивных решений необходимо осуществить экологическую оценку.

Выполнять оценки на основе разделов ОВОС и ООС в этом случае не представляется эффективными, что связано с различием целей, которые могут быть решены. Разработка разделов ОВОС и ООС в рамках проектно-сметной документации направлена на оценку воздействий технологии строительства конкретного проектного решения и не предусматривает рассмотрения нескольких вариантов. Как правило, основным решающим аргументом в этом случае является стоимость и время. Принимая во внимание, что автомобильные дороги прокладываются в мало населенных районах, где негативные последствия строительства не могут быть быстро замечены, а их воздействия проявляются в течение длительного времени, решение о применении той или иной конструкции и технологии должно быть принято на основе иных оценок.

Автором предложен метод экологической оценки ПТС грунтового сооружения – метод «дерева результатов», основанный на методе прикладной квалиметрии архитектурно-строительного проектирования [1]. Цель метода «дерева результатов» получить количественные показатели экологической безопасности новых конструкций и технологий для всех этапов строительства и эксплуатации грунтового сооружения. Сущность данного метода заключается в построении дерева, состоящего из комплексных экологических критериев, которые, в свою очередь, делятся иерархически на простые и квазипростые экологические критерии. Простые и квазипростые критерии определяются числовыми параметрами или с помощью экспертных оценок, при этом каждый уровень критериев имеет свою значимость и весомость. При этом комплексная экологическая оценка определяется в пределах от 0 до 1; чем ниже воздействие на окружающую среду, тем ближе к 0 значение параметра экологической оценки.

Преимущества данного метода заключаются в возможности оценки параметров не только самого грунтового сооружения, но и параметров технологии ее возведения, в виде комплексной системы.

В разных рекомендательных и нормативных документах содержится множество частных критериев экологической безопасности, при этом часто невозможно судить, по какому из этих критериев можно вынести окончательное суждение о безопасности того или иного объекта. В результате возникает потребность разработки и использования небольшого числа критериев экологической безопасности и получения на их основе обобщенной оценки экологической безопасности состояния объекта.

Предложено разделение экологических критериев на прямые и косвенные.

К прямым экологическим критериям относятся критерии, оказывающие прямое воздействие на окружающую среду в результате строительной деятельности, которые непосред-

ственно отражают уровень состояния изменений атмосферы, поверхностных и грунтовых вод, почв, напряженно-деформированного состояния грунтов.

Косвенные экологические критерии – это критерии, учитывающие опосредованное воздействие – через хозяйственную деятельность долговременного характера, которые могут быть учтены посредством технико-экономических показателей техногенной составляющую ПТС – конструкция сооружения, технология ее возведения и эксплуатации, стоимость работ.

Данный метод был апробирован автором при строительстве линейного грунтового сооружений автомобильной дороги близ. г. Салыма (Западная Сибирь).

Строительство автодороги осложнено многочисленными болотами, проходящими через участок строительства. В процентном соотношении общая протяженность болот составляет 31,5% от общей длины. Глубина болот колеблется от 1-до 6 метров и относятся к 1-му и 2-му типу болот, то есть сжимаются при воздействии нагрузки.

Для сохранения естественного растительного покрова болот при строительстве на них разного рода сооружений, и в первую очередь автомобильных дорог необходимо до минимума свести нарушения водного режима болот, изъятия грунтовых масс и замене «болотного грунта» на минеральный строительный грунт [3].

Метод экологической оценки ПТС, основанный на методах прикладной квалиметрии, предусматривает следующий алгоритм:

**1. Построение «дерева результатов».** При составлении «дерева результатов» (Рис.1) необходимо соблюдать основные принципы.

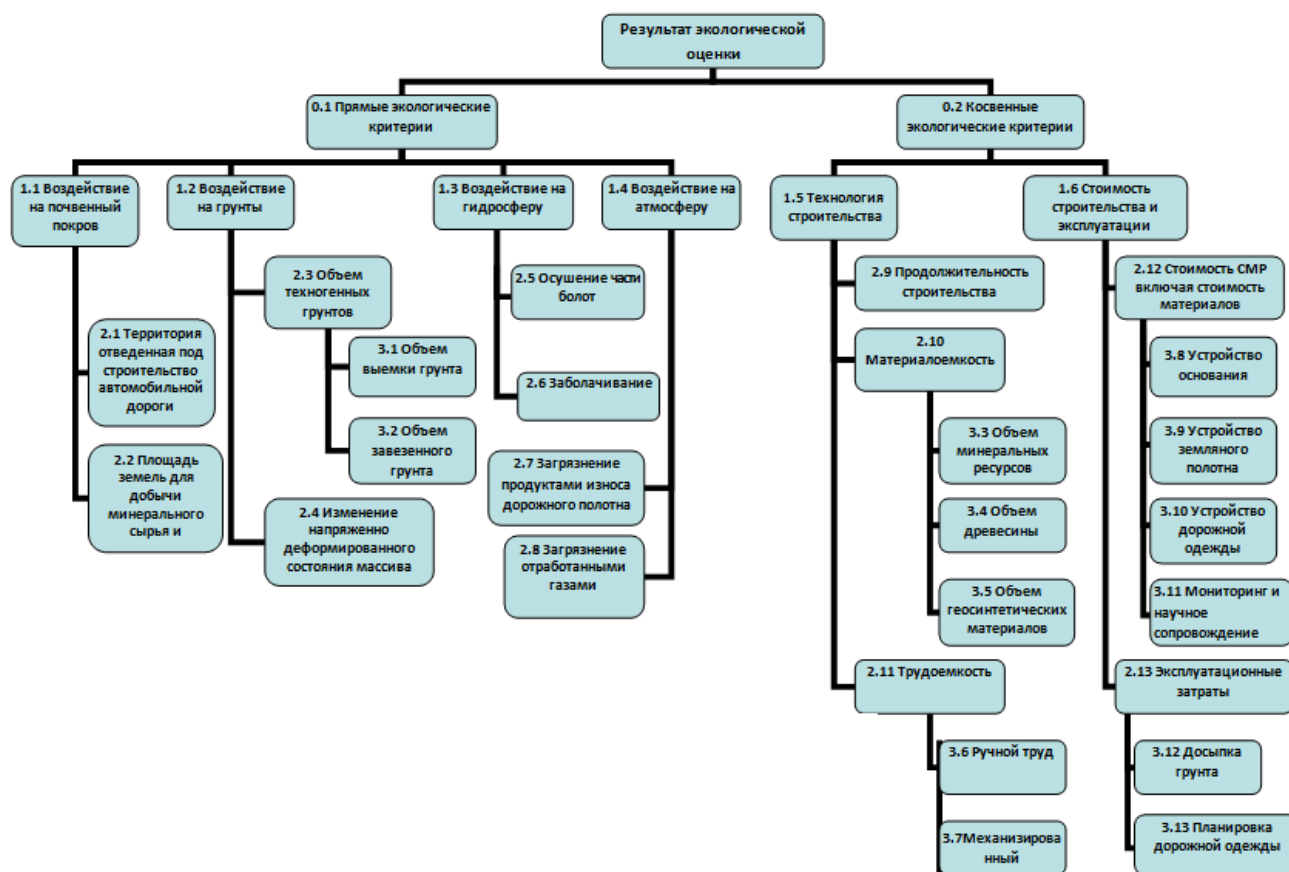
1) Значение параметра оценки может быть определено аналитическим способом, не только для простых критериев находящихся на нижнем уровне иерархии, но и для некоторых комплексных критериев, находящихся на более высоких уровнях иерархии. Например, критерий «2.9 Продолжительность строительства» определяется сразу, а критерий «2.10 Материалоемкость» и «2.11 Трудоемкость» определяются через более простые параметры.

2) При делении любого комплексного критерия внутри каждой группы критериев должен использоваться только один признак деления, характерный для данной группы.

3) Количество уровней в дереве результатов должно быть таким, чтобы в каждой группе находилось минимальное количество критериев (желательно 2-4).

4) Принцип первоочередности признаков с меньшим числом градаций, то есть если деление на группу может быть проведено по нескольким классификационным признакам и отсутствуют очевидные соображения по поводу того, какой должен быть признак использован в первую очередь, нужно применять тот признак, у которого по сравнению с остальными, имеется меньшее число градаций.

Согласно изложенным принципам построено дерево результатов, использованное для экологической оценки конструкции и технологии строительства грунтовых сооружений в сложных гидрогеологических условиях (Рис.1).



*Рис. 1. Дерево результатов экологической оценки природно-технической системы грунтового сооружения в сложных гидрогеологических условиях.*

## 2. Определение коэффициентов весомости.

Коэффициенты весомости устанавливаются экспертным путем на каждом уровне «дерева результатов». Экспертиза должна проводиться грамотными, высококвалифицированными, компетентными в рассматриваемых вопросах и достаточно опытными специалистами. При этом сумма коэффициентов весомости каждого уровня дерева должна быть равна 1, независимо от того, на какое количество ветвей оно разделяется далее.

Полученные результаты коэффициентов весомости должны быть обработаны методами математической статистики. В результате обработки необходимо вычислить среднеарифметическое значение, дисперсию, среднее квадратическое отклонение, коэффициент вариации, ошибка репрезентативности, а так же среднее геометрическое значение. Если значения коэффициента вариации превышают 33% , то, самые большие и самые маленькие значения коэффициентов весомости исключаются.

В соответствии с разработанным методом экологической оценки на основании анализа наблюдений за осадкой основания дороги, а также информации от строительных организаций были получены числовые значения простых критериев, составляющие деревья результатов, позволяющие провести необходимые расчеты.

Для определения коэффициента весомости каждого критерия и показателей, не имеющих количественных оценок, был проведен экспертный опрос. Группы экспертов были составлены по правилу предпочтений. Опрос экспертов-специалистов независимо друг от друга, обеспечивает достоверность и сопоставимость результатов. Группа экспертов состояла из 21

не аффилированного специалиста, ее численность согласуется с пределами теории экспертных оценок. В число экспертов были включены специалисты в области экологии («экологи»), специалисты в области проектирования автомобильных дорог («проектировщики»), а также специалисты со стороны заказчиков («заказчики»). Для оценок были предложены три варианта строительства грунтового сооружения: выторфовка, лежневой настил и новая биопозитивная конструкция и технология.

Данные результатов экологической оценки ПТС трех вариантов конструкции приведены в таблице 3.

Таблица 3

Экологическая оценка.

Группы	Экологическая оценка (от 0 до 1)		
	Выторфовка	Лежневка	Биопоз. кон-струк.
«Экологи»	0,89	0,82	0,53
«Проектировщики»	0,84	0,7	0,52
«Заказчики»	0,81	0,74	0,54
Среднее арифметическое	0,85	0,75	0,53
Среднеквадратическое отклонение	0,04	0,061	0,01
Среднее геометрическое	0,202	0,142	0,05
Доверительный интервал при доверительной вероятности 90%	0,81-0,89	0,69 – 0,81	0,52 – 0,54

Как следует из табл. 3 вариант №3 (применение биопозитивной конструкции) является наиболее предпочтительным, поскольку он получил наименьшую оценку по степени воздействия на окружающую среду.

Наименьшую оценку по степени воздействия на окружающую среду получил метод строительства с применением биопозитивных конструкций и технологий (метод армирования геосинтетическими материалами). Среднеарифметическое значение по результатам трех групп представлено на рис. 2.

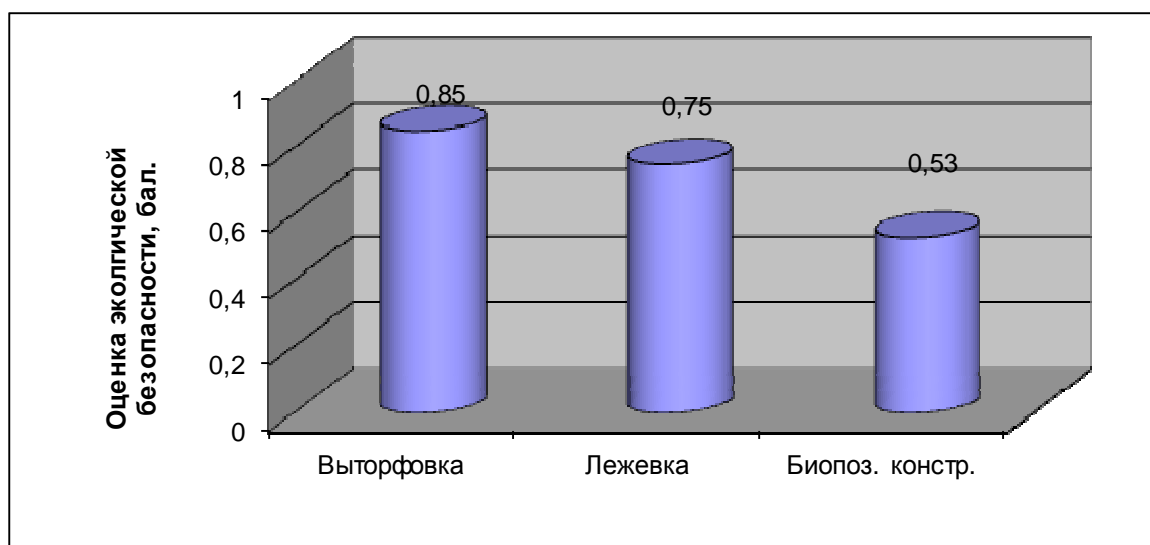


Рис. 2. Оценка экологической безопасности.

Таким образом, оценка экологической безопасности трех различных методов строительства показала что, биопозитивная конструкция (с применением геосинтетических материалов) наименьшим образом влияет на окружающую среду и является наиболее экологически безопасным вариантом строительства на слабых основаниях грунтовых сооружений.

Данные геологические условия являются характерными для значительной территории Западной Сибири, то есть полученные результаты исследования могут быть распространены и на другие участки со сложными гидрогеологическими условиями.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Азгальдов Г.Г. Квалиметрия в архитектурно-строительном проектировании. - М.: Стройиздат. 1989.-272с.
2. Инновации в геоплантах: экопаркинги для мегаполисов / А.Л. Земляк, Н. Е. Кокодева, М. В. Степанов, А. В. Кочетков // Строительные материалы, 2011, № 2. - С. 35 - 38.
3. Новиков С.М. Изменение условий обитания растений на болотах северных районов Западной Сибири при хозяйственном освоении территории. Материалы всесоюзного совещания "Охрана растительного мира северных регионов" [7-9 сент. 1982 г. : В 2-х т.]. Т. 2. Устойчивость растительности к антропогенным факторам и биорекультивация в условиях Севера. Сыктывкар: Коми фил. АН СССР С. 23-27.
4. Нормирование на основе оценки степени риска статистических показателей качества производства геосинтетических материалов и изделий / А.В. Кочетков, Н.Е. Кокодева, М.В. Степанов и др. // Строительные материалы. 2011. № 10. - С. 42-45.
5. Степанов, М. В. Применение технологий авиастроения в методах расчета и монтажа полимерных дорожных сеток / А. В. Кочетков, Р. М. Янабаев, М. А. Бушуев, М. В. Степанов // Строительные материалы, 2010, № 10. - С. 19 -23.
6. Степанов, М. В. Применение геосинтетических материалов и изделий в конструкциях дорожных одежд / М. В. Вьюгов, В. Д. Казарновский, М. В. Степанов // Применение перспективных технических решений при строительстве автомобильных дорог. Сб трудов Всеросс. науч.-практ. сем. (17-19 марта 2010 г.) – Саратов : Российская академия транспорта, журнал «Красная линия. Дороги». – С. 6 – 9.
7. Янковский Л.В., Кочетков А.В., Степанов М.В. Современные автомобильные парковки - экопаркинги // Машиностроение: проектирование, расчёт и технологии ремонта и производства: сб. ст. Всеросс. науч.-практич. конф. (Ижевск, 11 июня 2012 г.). - Ижевск: изд-во ИЖГТУ, 2012.- С. 212-217.
8. Степанов М.В., Кочетков А.В., Янковский Л.В. Применение геосинтетических материалов при строительстве автопарковок. Методы расчета, производства и монтажа. Монография. – Пермь : Из-во Пермского нац. исс. политехн. ун-та. 2012. – 180 с.