

УДК 910.1+910.3

**СЕРЁДКИН Константин Анатольевич**, младший научный сотрудник Северо-западного отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова РАН. Автор 6 публикаций

**ДОЛГОЩЁЛОВА Мария Ивановна**, кандидат географических наук, гидробиолог Северного управления по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды. Автор 7 научных публикаций

**КОРОБОВ Владимир Борисович**, доктор географических наук, директор Северо-западного отделения Института океанологии им. П.П. Ширшова. Автор более 150 научных публикаций, в т. ч. трех монографий

## **СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ ЭКСПЕРТНОГО ОЦЕНИВАНИЯ ФАКТОРОВ НА ПРИМЕРЕ ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ**

В данной статье рассматривается метод анализа иерархий, преимущества и недостатки его применения в прикладных задачах. В качестве альтернативы рассматривается метод прямых влияний, основанный на концепции аналитических сетей и позволяющий учитывать межфакторные связи. Авторами предложены дополнения к процедуре метода, реализующие вероятностный подход к оценке факторов, в рамках которого предполагается отказаться от равновероятных распределений весовых коэффициентов факторов и ввести реальные распределения, полученные из задач геоэкологии.

При помощи описанных методов были получены весовые коэффициенты для задачи оценки антропогенной нагрузки на окружающую среду Архангельской области. Использован ряд факторов, разделенных на 5 групп: климатические, экологические, океанографические, геологические и социально-экономические. Выделены факторы: термический режим, туман, опасные явления, атмосферные осадки, плотность речной сети, переход через водотоки, плотность озер, заболоченность территории, наличие ледяного покрова, устойчивость берегов, рельеф местности, сейсмичность, экзогенные геологические процессы, почвы, многолетнемерзлые породы, биопродуктивность, особо охраняемые природные территории, уровень загрязнения, численность населения, система расселения, транспортные узлы, плотность дорожной сети, трубопроводные трассы, железнодорожные магистрали, наличие портов, период навигации, наличие аэродромов. Выполнено районирование территории и проведено сравнение результатов по полученным уровням антропогенной нагрузки. Результаты сравнения описаны для каждой градации рассматриваемой шкалы антропогенной нагрузки.

Применение аналитических сетей в классификационных моделях, таких как районирование территорий, приводит к изменению границ выделяемых участков. Особенно существенное влияние оказывает

изменение весового коэффициента влияющего фактора в группе (его уменьшение или увеличение), при условии, что соответствующие факторы имеют высокие балльные оценки. Учитывая полученные результаты, авторы не исключают применение рассматриваемых методов для других задач многокритериального оценивания в будущем.

**Ключевые слова:** аналитические сети, метод анализа иерархий, экспертные оценки, транспортная инфраструктура, влияющие факторы, Архангельская область.

В естественных науках часто встречаются задачи, требующие дать оценку какого-либо явления или классифицировать группу явлений. При их решении, в частности в эколого-географической оценке территорий, выразить некоторые параметры окружающей среды в конкретных единицах достаточно сложно, но более трудной задачей представляется приведение найденных единиц измерения к некоторой единой величине. Балльные классификации позволяют решать такие сложные постановочные задачи в геоэкологии, где требуется оценить те или иные явления, события или процессы, социально-экономические объекты. Это достигается путем сочетания, с одной стороны, индивидуального подхода к рассмотрению каждого явления, объекта, представленного впоследствии как фактор (при введении экспертно-аналитических систем (ЭАС)), с другой стороны – оценивания с помощью балльной системы различных параметров окружающей среды. Совокупность ЭАС и балльной классификации позволяет найти сводный показатель (выражающийся в баллах) для оценки системы, не теряя при этом индивидуального подхода к каждому из элементов данной системы.

Математически это можно выразить следующим образом:

$$I_l = \sum_j^R k_j \sum_i^n k_i p_i, \quad (1)$$

где  $l$  – соответствующая ячейка или альтернатива,  $k_i$  – весовые коэффициенты влияющих факторов,  $i = 1 \dots n$  – количество факторов в группе,  $k_j$  – весовые коэффициенты групп факторов,  $j = 1 \dots R$  – количество групп,  $p_i$  – балльные оценки показателей факторов.

В отличие от баллов, часто выраженных в некоторых объективно измеримых величинах, весовые коэффициенты являются оценками и отображают вклад фактора в конечный результат. Весовые коэффициенты можно искать несколькими способами [1, 2]. Одним из наиболее популярных способов их расчета является метод анализа иерархий (МАИ) [3], снискавший популярность в мире экспертного оценивания за относительную простоту: он позволяет доступным и рациональным образом представить объект или задачу в виде иерархии, сравнить и выполнить количественную оценку факторов. По сути это набор процедур, в основу которых положено попарное сравнение факторов, формирующих объекты, и их показателей, а собственно объекты сравниваются уже на основании полученных от экспертов оценок. Несомненным преимуществом метода является то, что исследователю предоставляется несколько инструментов, при помощи которых можно проводить такие сравнения – это, во-первых, специальная шкала отношений, предназначенная для проведения парных сравнений, и, во-вторых, встроенный количественный критерий оценки качества работы самого эксперта, называемый соотношением согласованности. Недостатком метода можно назвать то, что факторы в формализованном виде считаются условно независимыми; другими словами, эксперты должны учесть связи между ними в своих оценках и суждениях в неявном виде, что сильно затрудняет их работу при решении многокритериальных задач.

В данной статье мы также рассмотрим метод, основанный на концепции аналитических сетей (АС). Наша цель – исследовать, как весо-

вые коэффициенты преобразуются в моделях, представляющих собой аналитические сети, и проанализировать количественное отличие в результатах моделей, построенных вне концепции АС (в данном случае – результаты, полученные при помощи МАИ).

Аналитические сети, являясь более общим видом иерархии, призваны в некотором роде расширить возможности формализации моделей, позволяя добавлять связи в иерархию между факторами или даже выстраивать автономные сети «с нуля». Важно отметить, что АС позволяет вести учет взаимных, косвенных и опосредованных связей между компонентами системы, чего нет, как отмечено нами выше, в явном виде в остальных методах экспертного оценивания факторов.

В основе классического метода, использующего концепцию аналитических сетей, лежит образование так называемой суперматрицы, составляемой из частных матриц парных сравнений факторов, математическая обработка которой позволяет получить количественные оценки весовых коэффициентов связей.

Однако применение этого метода на практике показало, что в сфере построения алгоритмов вычисления весовых коэффициентов при наличии сетевых связей они также имеют ряд недостатков, и некоторые из них весьма существенны. Например, специфика учета алгоритмом наличия в сети замкнутых друг на друга связей в подавляющем большинстве случаев приводит к появлению нулевых оценок в конечном результате, что, по сути, не имеет смысла, т. к. каждый компонент должен иметь свой ненулевой вклад в систему. Автор метода Т. Саати рассматривает эту ситуацию как стремление весовых коэффициентов к нулю, не давая четких рекомендаций для избегания подобных ситуаций [3, с. 96]. Эти и другие проблемы более подробно рассмотрены в статье [4].

В указанной статье [4] описан новый метод, названный авторами методом прямых влияний (МПВ), удовлетворяющий условию прямого учета влияния факторов. В МПВ предполагается *добавить вероятностный подход* и со-

хранить отказ от требования частных перенормировок для выполнения условия равенства единице частных сумм весовых коэффициентов в группе (кластере).

В общем виде формула влияния одного фактора на другой будет выглядеть следующим образом:

$$k'_{ij} / k_{mn} = l_{ij,mn} k'_{ij}, \quad (2)$$

где  $k'_{ij}$  – значение весового коэффициента фактора, который оказывает влияние; / обозначает условие, что фактор  $k'_{ij}$  оказывает влияние на фактор  $k_{mn}$ ;  $l_{ij,mn}$  – корректирующий множитель;  $i, m = M$  – номер фактора в группе;  $j, n = N$  – номер группы (кластера). Влияние фактора на самого себя исключается требованием одновременного неравенства индексов:  $i \neq m$  и  $j \neq n$ .

Для расчетов корректирующего множителя  $l_{mn,ij}$  используем закон распределения весовых коэффициентов факторов в группах, указанный в *таблице*. Все исходные данные брались из модельного примера задачи районирования, целью которого являлся анализ опасности транспортировки нефтяных углеводородов [2, 5] через Белое море. Каждое распределение, представленное в *таблице*, было подобрано применительно к весовым коэффициентам из группы с конкретным количеством элементов методом максимального правдоподобия: из них были выбраны те, которые с учетом параметров имеют минимальную статистику критерия согласия Колмогорова–Смирнова, кроме группы с двумя и восьмью факторами. Для групп с отличным от представленных в таблице числом факторов использовалось равномерное распределение:

$$p(k_i) = \frac{1}{M}. \quad (3)$$

Для каждой группы при помощи распределений весовых коэффициентов вычисляется вектор, содержащий значения плотности вероятности для каждого члена группы, при необходимости весь вектор нормируется (приводится к состоянию, когда сумма его элементов становится равна единице).

### СООТВЕТСТВИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ВЕСОВЫХ КОЭФФИЦИЕНТОВ И РАЗМЕРОВ ГРУПП

Количество факторов в группе	Распределение	Значение характеристики Колмогорова–Смирнова
3	General Extreme Value (GEV)	0,290
4	3-параметричное Вейбулла	0,171
5	3-параметричное Пирсона 5-го типа	0,253
6	3-параметричное логарифмическое Пирсона	0,308
7	Коши	0,190
9	Обобщенное Парето	0,180

Приведем основные элементы алгоритма расчета весовых коэффициентов с учетом реальных распределений весовых коэффициентов:

- для каждого фактора, влияющего на другой фактор или факторы из той же группы, увеличение происходит на определенное число. Смысл увеличения значения таких факторов заключается в идее увеличения их значимости по сравнению с факторами, которые не влияют на другие, поскольку их роль в системе возрастает;
- это число рассчитывается на основе плотности вероятности распределений весовых коэффициентов факторов в группе;

- если фактор влияет на фактор из соседней группы, то в расчет также берется межгрупповой коэффициент. Соответствующие коэффициенты также накладываются на имеющиеся кластеры;

- единственная перенормировка производится только при окончании расчетов.

Преимуществом такого подхода к расчету весовых коэффициентов можно назвать отсутствие «обнулений» весовых коэффициентов, а также отсутствие необходимости проведения дополнительных парных сравнений, которые требуются классическим методом аналитических сетей. Отдельно можно отметить некоторые упрощения в построении моделей: сети отчасти решают проблемы в случае, когда отдельный фактор может войти в несколько групп, что невозможно сделать в рамках других методов.

В качестве примера была приведена задача оценки воздействия транспортной инфраструктуры на окружающую среду Архангельской области, рассмотренная в диссертационной работе М.И. Долгощёловой [6]. В качестве исходных данных этой задачи использовалась модель, состоящая из 28 факторов, сгруппированных в 5 кластеров (климатические, экологические, гидрологические, геологические и социально-экономические), и полученные при помощи МАИ оценки, выраженные в виде весовых коэффициентов. На основе имеющейся иерархии была создана сеть, в которую была внесена 71 связь (*рис. 1*). Значения весовых коэффициентов, полученные при помощи метода прямых влияний и МАИ, приведены ниже (*рис. 2*).

Исходя из формулы балльных классификаций (1) весовые коэффициенты факторов непосредственно влияют на суммарные балльные оценки, и, следовательно, на показатели распределения антропогенной нагрузки, обусловленной функционированием транспортной инфраструктуры на территории Архангельской области.

Сравнивая распределение антропогенной нагрузки на окружающую среду Архангельской области, можно сказать о том, что, по весовым коэффициентам факторов, полученным как с помощью МПВ, так и при помощи МАИ, оно не претерпело существенного изменения в пространственном отношении. Однако некоторые весовые коэффициенты изменились суще-

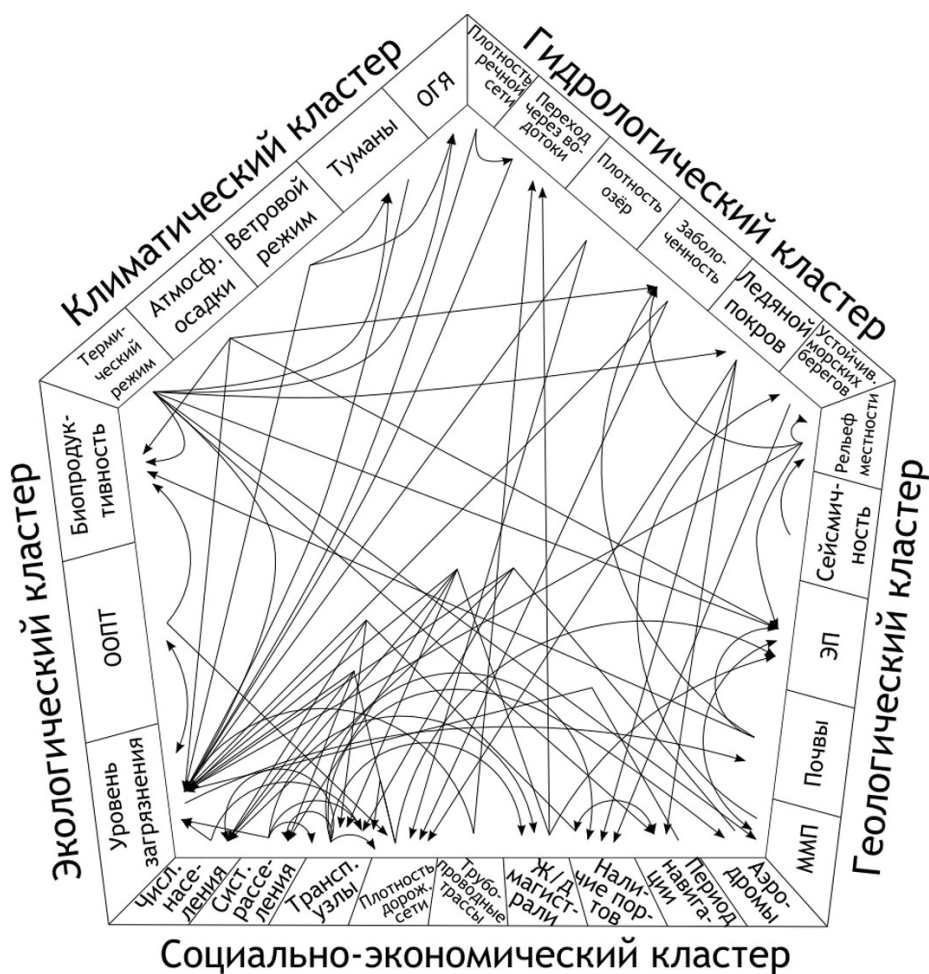


Рис. 1. Сеть для задачи оценки воздействия транспортной инфраструктуры на окружающую среду Архангельской области

ственно. Так, возросли весовые коэффициенты (полученные при помощи МПВ) влияющих факторов, таких как атмосферные осадки, ветровой режим, наличие ледяного покрова, особо охраняемые природные территории (ООПТ). Существенно уменьшились весовые коэффициенты факторов опасных гидрометеорологических явлений (ОГЯ), рельефа местности, биопродуктивности, туманов.

Несмотря на перераспределение балльных оценок, территориальное распределение *наивысшей антропогенной нагрузки* во втором

случае (весовые коэффициенты получены с помощью МПВ) по сравнению с первым (весовые коэффициенты получены при помощи МАИ) не претерпевает изменений. Как в первом варианте, так и во втором такую антропогенную нагрузку имеют территории Архангельской агломерации и территории г. Котласа. Это объясняется высокими балльными значениями социально-экономических факторов, таких как численность населения, транспортные узлы, плотность дорожной сети, присутствие железнодорожных магистралей, наличие

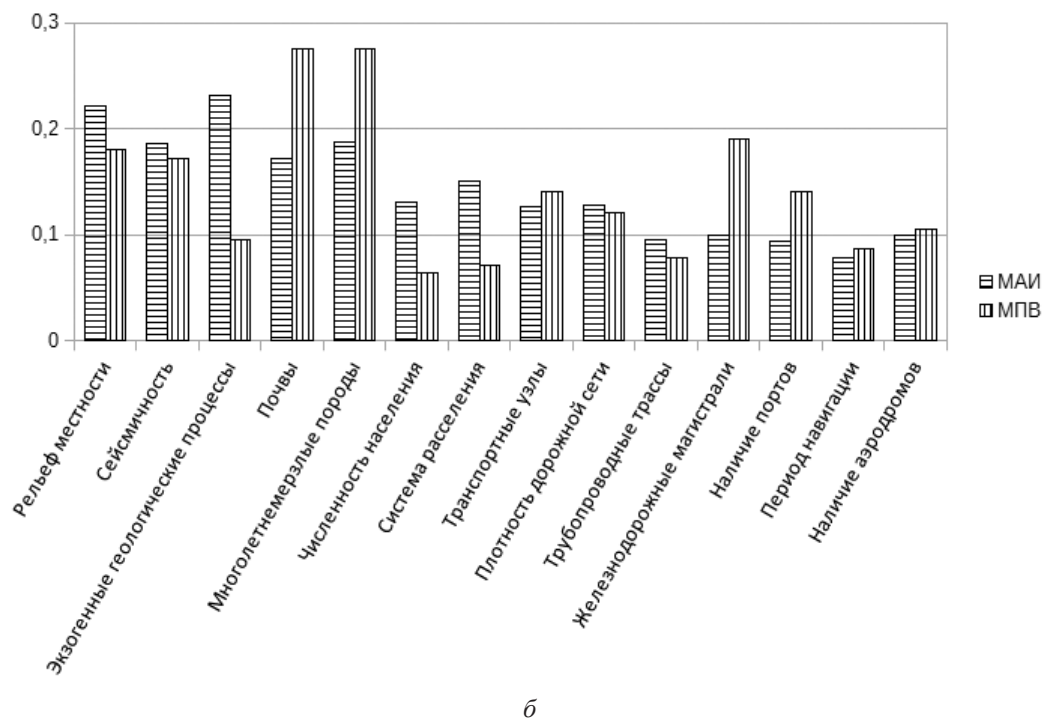
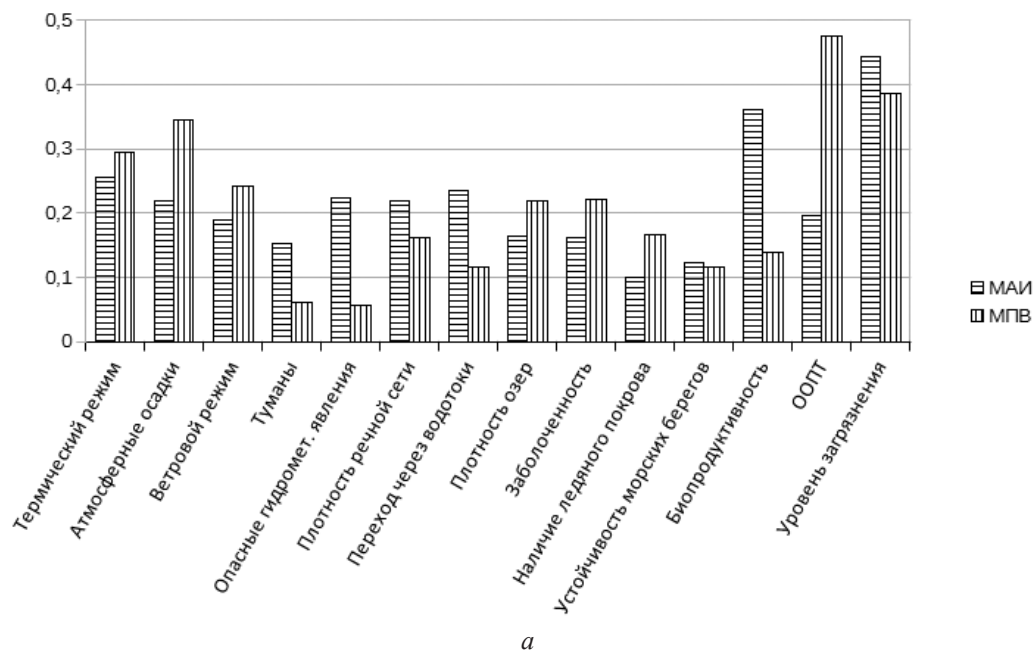


Рис. 2. Значения весовых коэффициентов влияющих факторов, рассчитанные при помощи МАИ и МПВ для задачи оценки влияния инфраструктуры на окружающую среду Архангельской области

аэродромов. В свою очередь, значения весовых коэффициентов многих вышеперечисленных факторов, полученных при помощи МПВ, балльные значения которых обладают весомым вкладом в итоговые суммарные балльные оценки антропогенной нагрузки, не существенно изменились по сравнению с весовыми коэффициентами, полученными при использовании МАИ (рис. 2). Балльные оценки некоторых социально-экономических и климатических факторов достаточно высоки (в пределах 6-7 баллов), однако увеличение одних весовых коэффициентов (атмосферных осадков, термического режима) и уменьшение других (рельефа, системы расселения) при МПВ способствуют получению результата в виде итоговых балльных оценок, лежащих в пределах данной градации.

*Высокой антропогенной нагрузке*, как в первом варианте, так и во втором, соответствуют территории к западу от Хайпудырской губы, район пос. Коноши, близлежащие территории крупных агломераций. Во втором варианте к данной градации стала относиться территория о-ва Вайгач, п-ова Русский Заворот и Захарьин берег, часть территории национального парка «Водлозерский». Ранее в первом варианте территория о-ва Вайгач соответствовала антропогенной нагрузке выше средней, территория п-ова Русский Заворот и Захарьин берег – средней антропогенной нагрузке, часть территории национального парка Водлозерский – очень низкой антропогенной нагрузке.

Увеличение суммарных балльных оценок для территории национального парка «Водлозерский», о-ва Вайгач, п-ова Русский Заворот, перешедших в более высокую градацию антропогенной нагрузки, произошло, во-первых, в связи с существенным увеличением весового коэффициента фактора ООПТ, значение которого в первом варианте соответствует 0,197, во втором – 0,475. Высокий весовой коэффициент сочетается с первоначальными высокими балльными оценками данного фактора, т. к. на всех вышеперечисленных территориях расположены национальные парки и государственные заповедники.

Во-вторых, увеличение суммарных балльных оценок объясняется вкладом отдельных факторов в зависимости от особенностей вышеперечисленных территорий. Для данной градации антропогенной нагрузки при МПВ весовые коэффициенты нижеперечисленных факторов возрастают в среднем на 0,06, а такой фактор, как плотность озер, – на 0,104.

Высокие балльные оценки имеют факторы заболоченности территории, термического режима, многолетнемерзлых пород (ММП), плотности озер, почвы.

*Антропогенная нагрузка выше средней* во втором варианте по сравнению с первым вариантом в пространственном отношении на территории Архангельской области не претерпела существенных изменений. Это объясняется увеличением одних весовых коэффициентов и уменьшением других (МПВ) при средних балльных значениях большинства влияющих факторов.

Однако стоит уделить внимание тому, что в данную градацию антропогенной нагрузки перешли территории северной части Онежского п-ова и Соловецких о-вов, которые в первом варианте относились к территориям с низкой антропогенной нагрузкой. Увеличение суммарных балльных оценок для данных территорий и, соответственно, ее переход в более высокую градацию антропогенной нагрузки объясняется сочетанием высоких балльных значений фактора ООПТ с его высоким весовым коэффициентом 0,475 во втором варианте. Именно на вышеописанных территориях расположен Соловецкий государственный историко-архитектурный комплекс и природный музей-заповедник, комплекс памятников, внесенных в Список Всемирного наследия ЮНЕСКО, а также парк федерального значения «Онежское поморье», который должен появиться в ближайшем будущем на территории Онежского п-ова.

*Средней антропогенной нагрузкой* как в первом, так и во втором варианте характеризуются северная и центральная части Большеземельской тундры, включая г. Нарьян-Мар,

центральная и юго-западная части Архангельской области. Стоит отметить, что во втором варианте к данной градации стали относиться территории Ветреного пояса и возвышенности в междуречье р. Пинеги и Северной Двины, для которых ранее были получены суммарные балльные оценки, соответствующие очень низкой антропогенной нагрузке.

Средняя антропогенная нагрузка характерна и для территории вблизи Лекшмозера и Кенозера, которая также ранее имела суммарные балльные оценки, соответствующие низкой антропогенной нагрузке.

Переход территорий в более высокую градацию антропогенной нагрузки объясняется увеличением весовых коэффициентов доминирующих факторов, например таких как ООПТ (весовые коэффициенты которого рассмотрены выше), атмосферных осадков: значение весового коэффициента в первом варианте соответствует 0,219, во втором – 0,344; заболоченности территории: значение весового коэффициента в первом варианте соответствует 0,161, во втором варианте – 0,221; термического режима: значение весового коэффициента в первом варианте соответствует 0,256, во втором варианте – 0,295.

*Низкую антропогенную нагрузку* как в первом, так и во втором варианте имеют территории Беломорско-Кулойского плато и к востоку от него, побережье Мезенской губы, территория Малоземельской тундры, южная часть Большеземельской тундры.

Северная часть Онежского п-ова и территория Соловецких о-вов, отнесенные в первом варианте к данной градации антропогенной нагрузки, во втором варианте перешла, как показано выше, в более высокую градацию, исходя из суммы балльных оценок.

Центральная часть п-ова Канин, ранее отнесенная к данной градации антропогенной нагрузки, с уменьшением суммарных балльных оценок перешла в градацию очень низкой антропогенной нагрузки.

По сравнению с первым вариантом уменьшается размер территории с *очень низкой ан-*

*тропогенной нагрузкой*. В первом и во втором вариантах это междуречье Ома и Вижас, возвышенность Четласского камня, территории Тиманского берега Баренцева моря.

Однако во втором варианте наравне с вышеперечисленными территориями к данной градации стали относиться территории центральной части п-ова Канин. Это объясняется уменьшением во втором варианте значений весовых коэффициентов таких влияющих факторов, как туманы, ОГЯ, биопродуктивность с 0,153 до 0,061, с 0,223 до 0,057, с 0,360 до 0,139 соответственно. Следует учесть весомый вклад вышеперечисленных факторов в суммарные балльные оценки антропогенной нагрузки по причине их высоких балльных значений для территории п-ова Канин.

Значительная территория национального парка «Водлозерский», ранее отнесенная (в первом варианте) к данной градации, как показано выше, перешла в более высокую градацию антропогенной нагрузки.

Все вышеизложенное свидетельствует о том, что антропогенная нагрузка изменяется под воздействием следующих влияющих факторов: атмосферные осадки, заболоченность территории, ООПТ, весовой коэффициент которых, найденный при помощи МПВ, существенно увеличивается по сравнению с первым вариантом, и факторов ОГЯ, туманы, весовой коэффициент которых уменьшается по сравнению с первым вариантом.

**Заключение.** Использование аналитических сетей приводит к изменению значений весовых коэффициентов. Применение их в классификационных моделях, таких как районирование территорий, в свою очередь приводит к изменению границ выделяемых участков. Особенно существенное влияние оказывает изменение весового коэффициента влияющего фактора (его уменьшение или увеличение), *при условии*, что соответствующие факторы имеют высокие балльные оценки, тем самым обладая весомым вкладом в итоговый суммарный балл.



## Список литературы

1. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы. М., 1998. 1022 с.
2. Коробов В.Б., Тутыгин А.Г. Классификационные методы решения эколого-экономических задач: моногр. Архангельск, 2010. 309 с.
3. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях: аналитические сети: пер с англ. М., 2009. 360 с.
4. Коробов В.Б., Тутыгин А.Г., Серёдкин К.А. Метод прямого расчета весовых коэффициентов влияющих факторов в аналитических сетях // Проблемы регион. экологии. 2013. № 3. С. 40–45.
5. Серёдкин К.А., Коробов В.Б., Тутыгин А.Г. О применении метода аналитических сетей в задачах геоэкологии // Проблемы регион. экологии. 2012. № 4. С. 61–65.
6. Долгощелова М.И. Эколого-географическая оценка влияния транспортной инфраструктуры на окружающую среду Архангельской области: дис. ... канд. геогр. наук. Архангельск, 2013. 266 с.

## References

1. Aivazyan S.A., Mkhitaryan V.S. *Prikladnaja statistika i osnovy* [Applied Statistics and Foundations]. Moscow, 1998. 1022 p.
2. Korobov V.B., Tutygin A.G. *Klassifikacionnye metody reshenija jekologo-jekonomicheskikh zadach: monogr.* [Classification Methods for Solving Ecological and Economic Problems: Monograph]. Arkhangelsk, 2010. 309 p.
3. Saati T.L. *Prinjatie reshenij pri zavisimostjah i obratnyh svjazjah: analiticheskie seti* [Decision-Making at the Dependencies and Feedback: Analytical Network]. Moscow, 2009. 360 p.
4. Korobov V.B., Tutygin A.G., Seredkin K.A. *Metod prjamogo rascheta vesovyh kojefficientov vlijajushhih faktorov v analiticheskij setjah* [Direct Calculation of the Weighting Indices of Influencing Factors in Analytical Networks]. *Problemy regionalnoj ekologii*, 2013, no 3, pp. 40–45
5. Seredkin K.A., Korobov V.B., Tutygin A.G. *O primenenii metoda analiticheskij setej v zadachah geojekologii* [Application of Analytical Networks in the Problems of Geoecology]. *Problemy regionalnoj ekologii*, 2012, no. 4, pp. 61–65.
6. Dolgoshchelova M.I. *Jekologo-geograficheskaja ocenka vlijanija transportnoj infrastruktury na okruzhajushhuju sredu Arhangel'skoj oblasti: dis. ... kand. geogr. nauk* [Ecological and Geographical Assessment of the Impact of Transport Infrastructure on the Environment of the Arkhangelsk Region: dis. ... Cand. Geogr. Sci]. Arkhangelsk, 2013. 266 p.

**Seredkin Konstantin Anatolyevich**

North-Western Branch of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology  
(Arkhangelsk, Russia)

**Dolgoshchelova Maria Ivanovna**

Northern Agency for Hydrometeorology and Environmental Monitoring (Arkhangelsk, Russia)

**Korobov Vladimir Borisovich**

North-Western Branch of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology  
(Arkhangelsk, Russia)

## COMPARISON OF METHODS FOR EXPERT EVALUATION OF FACTORS IN TERMS OF ECOLOGICAL-GEOGRAPHICAL VALUE OF ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE OF ARKHANGELSK REGION

This article reviews analytic hierarchy process and its advantages and disadvantages in applications. Alternatively, we consider method of direct impact, based on the concept of analytical networks and takes into account factors connection. The authors have proposed additions to the procedure of the method

implementing a probabilistic approach to the assessment of factors, which supposes to abandon the uniform distribution of weighting coefficients of factors and enter the real distribution derived from the objectives of Geoecology.

We obtained the weighting coefficients to size the evaluation of the anthropogenic impact on the environment of the Arkhangelsk region. We used a number of factors, divided into 5 groups: climatic, ecological, oceanographic, geological and socio-economic. The obtained factors are as follows: thermal regime, fog, hazards, precipitation, density of the river network, crossing the streams, the density of lakes, wetlands, the presence of ice, shores stability, topography, seismicity, exogenous geological processes, soils, permafrost, biological productivity, protected areas, the level of pollution, population, settlement system, transportation hubs, the density of the road network, pipeline routes, railways, ports, the navigation period, airfields. The results of the comparison for each gradation scale of considered anthropogenic load are described.

Application of analytical network classification models, such as zoning, leads to change of the boundaries of allocated sites. The impact of a change of the weighting coefficient of influencing factor in a group (decreasing or increasing), when associated factors have high scores, is especially significant. Considering these results, the authors do not exclude the use of these methods for other tasks of multi-criteria evaluation in the future.

**Keywords:** *analytical network, analytic hierarchy process, expert assessments, transport infrastructure, influencing factors, Arkhangelsk region.*

*Контактная информация:*

Серёдкин Константин Анатольевич

*адрес:* 163061, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 112, корп. 3, оф. 321;

*e-mail:* log23@rambler.ru

Долгощёлова Мария Ивановна

*адрес:* 163020, г. Архангельск, ул. Маяковского, д. 2;

*e-mail:* asolie@mail.ru

Коробов Владимир Борисович

*адрес:* 163061, г. Архангельск, наб. Северной Двины, 112, корп. 3, оф. 321;

*e-mail:* szoioran@mail.ru

Рецензент – *Губайдуллин М.Г.*, доктор геолого-минералогических наук, профессор, заведующий кафедрой транспорта, хранения нефти, газа и нефтегазопромыслового оборудования института нефти и газа Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова