

А. И. Семячков^{а)}, Ж. Гао^{б)}, Е. А. Атаманова^{в)}^{а)} Уральский государственный горный университет, Екатеринбург, Российская Федерация^{а, б, в)} Институт экономики УрО РАН, Екатеринбург, Российская Федерация^{а)} <https://orcid.org/0000-0002-3352-2863>, e-mail: a.semyachkov@mail.ru^{б)} <https://orcid.org/0000-0002-7642-2053>^{в)} <https://orcid.org/0000-0003-1249-5226>

Управление природно-ресурсным потенциалом региона на основе изменчивости эколого-экономических индикаторов¹

В условиях природно-ресурсных ограничений и техногенного разрушения природной среды на- зрела необходимость совершенствования механизмов управления природно-ресурсным потенциа- лом в регионах с соблюдением баланса между потреблением природных ресурсов и сохранением каче- ства окружающей среды. В статье исследовано состояние сбалансированности природопользования с использованием анализа временной изменчивости эколого-экономических индикаторов с 1990 г. по 2018 г. в трех природно-ресурсных регионах Российской Федерации — Уральском, Сибирском и Дальневосточном федеральных округах. В работе авторы впервые применяют методiku, осно- ванную на теории пространственно-временной изменчивости и методе анализа временных рядов, который позволяет оценить динамику использования природных ресурсов и уровень их нарушения, визуализировать результаты анализа временной изменчивости эколого-экономических индикато- ров, выбранных для данного исследования по каждому виду природных ресурсов (атмосферные, во- дные, лесные и земельные), а также определить вид изменчивости индикаторов с целью выявления тенденции к сбалансированности использования и восстановления природного ресурса в ресурсных регионах за достаточно продолжительный период времени. В процессе рассмотрения динамики из- менчивости эколого-экономических индикаторов по 27 субъектам Федерации, во-первых, проведен анализ графического материала, во-вторых, осуществлена типизация индикаторов и группировка их по четырем основным типам — стабильный, нестабильный, однородный, неоднородный и их со- четание. Типизация демонстрирует тренд природопользования («положительный» или «отрица- тельный»), что, в свою очередь позволяет составить рейтинг по индексу соотношения и опреде- лить регионы-лидеры и регионы-аутсайдеры по уровню сбалансированности природопользования. В целом по округам по приведенным ресурсам происходит преобладание «удовлетворительного» и «положительного» природопользования, хотя по отдельным индикаторам имеет место «отрица- тельное» природопользование с явным преобладанием использования ресурсов над их восстано- влением, что предопределяет принятие кардинальных управленческих мер по исправлению ситуации. Данное исследование в последующем послужит информационной и аналитической базой при разра- ботке методических основ составления эколого-экономических оценочных карт сбалансированного природопользования ресурсных регионов.

Ключевые слова: сбалансированное природопользование, природно-ресурсный регион, временная из- менчивость, атмосферные ресурсы, водные ресурсы, лесные ресурсы, земельные ресурсы, данные времен- ного ряда, эколого-экономический индикатор, управление природопользованием

Благодарность

Статья подготовлена согласно плану НИР ФГБУН Института экономики УрО РАН на 2019–2021 гг.

Для цитирования: Семячков А. И., Гао Ж., Атаманова Е. А. Управление природно-ресурсным потенциалом региона на основе изменчивости эколого-экономических индикаторов // Экономика региона. 2021. Т. 17, вып. 2. С. 520–537. <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-2-12>

¹ © Семячков А. И., Гао Ж., Атаманова Е. А. Текст. 2021.

RESEARCH ARTICLE

Aleksandr I. Semyachkov ^{a)}, Rong Gao ^{b)}, Elena A. Atamanova ^{c)}^{a)} Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia Federation^{a, b, c)} Institute of Economics of the Ural Branch of RAS, Ekaterinburg, Russia Federation^{a)} <https://orcid.org/0000-0002-3352-2863>, e-mail: a.semyachkov@mail.ru^{b)} <https://orcid.org/0000-0002-7642-2053>^{c)} <https://orcid.org/0000-0003-1249-5226>**Management of Regional Natural Resources based on the Variability of Environmental and Economic Indicators**

Major ecological problems encourage regional authorities to find a balance between the consumption of natural resources and the preservation of the environment. To this end, we assessed environmental management in three Russian regions (the Ural, Siberian and Far Eastern Federal Districts) in the period 1990–2018 using temporal variability analysis of ecological and economic indicators. Based on the spatial and temporal variability and time series analysis, we developed a methodology for examining the use of natural resources and occurring violations. Temporal variability of environmental and economic indicators was visualised for each type of natural resources (atmospheric, water, forest and land). Additionally, the proposed method allowed us to identify a trend towards balanced environmental management and restoration of regional natural resources over a long period. The variability of environmental and economic indicators of 27 constituent entities of the Russian Federation was analysed based on graphic material. Further, four main groups of these indicators (stable, unstable, homogeneous, and heterogeneous ones) were identified. This typology can be used to determine the leading and outsider regions in terms of the balanced environmental management, indicating its general trend (positive or negative one). Overall, satisfactory and positive environmental management dominate in the examined districts. Simultaneously, negative environmental management (predominance of resource use over their restoration) leads to the adoption of drastic measures to remedy the situation. The obtained results may be useful for developing a methodology to assess environmental and economic indicators of balanced environmental management in regions.

Keywords: balanced environmental management, natural resource region, temporal variability, atmospheric resources, water resources, forest resources, land resources, time series data, ecological and economic indicators, environmental management

Acknowledgements

The article has been prepared in accordance with the plan of Institute of Economics of the Ural Branch of RAS for 2019–2021.

For citation: Semyachkov, A. I., Gao, R. & Atamanova, E. A. (2021). Management of Regional Natural Resources based on the Variability of Environmental and Economic Indicators. *Ekonomika regiona [Economy of region]*, 17(2), 520–537, <https://doi.org/10.17059/ekon.reg.2021-2-12>

Введение

В современном мире возможностей природы восстанавливать свои ресурсы недостаточно для удовлетворения постоянно растущих нужд человечества при осуществлении хозяйственной деятельности [1]. Это стало причиной становления ряда проблем: ограниченности природных ресурсов, нарушения темпов их восстановления и качества, разнообразия и выживаемости человека. Проблема исчерпаемости ресурсов периодически возникает на протяжении всей истории человечества, но всегда решается с помощью знаний человека о законах природы и многообразии материального мира [2, 3].

Сбалансированное природопользование подразумевает взаимодействие человека и природы, определяемое экономической потребностью общества в природных ресурсах. Под сбалансированностью природопользования понимаются такие темпы изъятия и потребления природных ресурсов, которые сба-

лансированы потенциалом природы восстанавливать не только первоначальное качество окружающей среды, но и составляющие компоненты возобновляемых природных ресурсов. Постоянно извлекаемые и расходуемые природные компоненты среды (невозобновляемые) постепенно замещаются другими вследствие достижений обществом новейших технологий и перехода на возобновляемые или новые источники энергии, включая и нетрадиционные [4].

Таким образом, сбалансированное природопользование — это управляемое природопользование, целью которого является достижение гармонии между потреблением природных ресурсов и сохранением природной среды. Эффективность сбалансированного природопользования определяется анализом состояния использования природных ресурсов в регионе по определенным эколого-экономическим индикаторам, на основе которого принимаются необходимые управленческие решения

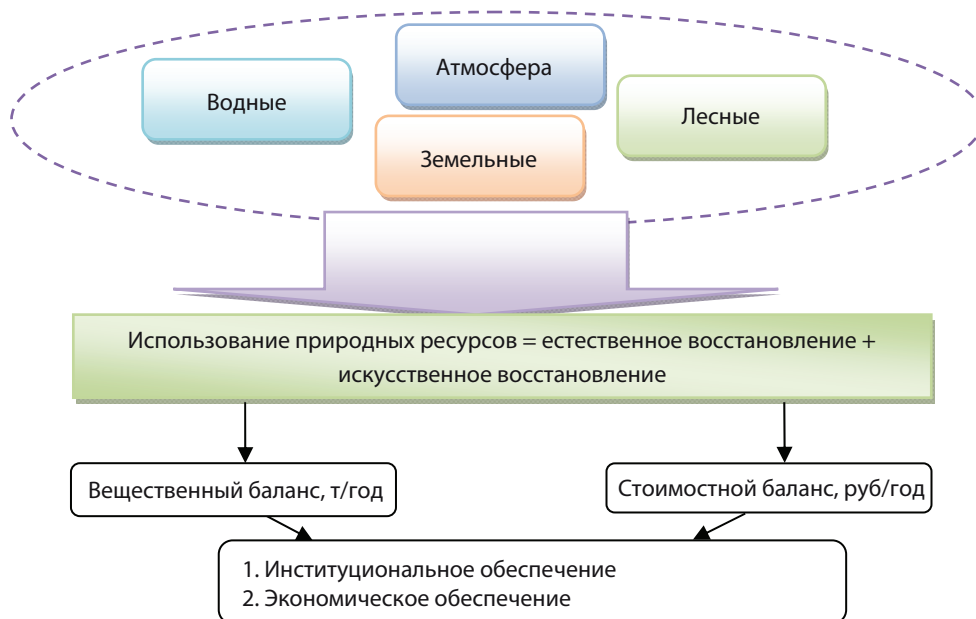


Рис. 1. Модель сбалансированного природопользования

Fig. 1. A balanced environmental management model

институционального и экономического характера. По сути, это относится к категории эффективного менеджмента в области природопользования [5, 6].

Ниже представлена модель сбалансированного природопользования (рис. 1), отражающая основной смысл сбалансированного природопользования, а именно, использование обществом компонентов природной среды, подразумевающее их возобновление путем естественного и искусственного восстановления. Естественное и искусственное восстановление регулируется такими понятиями, как вещественный баланс (т/год) — система оценки и регулирования природных ресурсов, стоимостной баланс (руб/год), который подразумевает плату за пользование природными ресурсами, за загрязнение окружающей среды и за другие виды воздействия на природу, исходя из расчета вещественного баланса [7, 8].

Природно-ресурсный регион — это совокупность природных ресурсов территории, которые могут быть вовлечены в хозяйственный оборот с учетом экономической целесообразности и возможностей научно-технического прогресса [9]. Природно-ресурсный регион — это регион, в котором доля использования природных ресурсов в экономике является доминирующей [10].

Теория

Пространственно-временная изменчивость — это понятийная категория, основанная на единстве существования форм материи (пространство и время) и объединяющая

пространственную изменчивость и временные ряды [11]. Авторы данной статьи основывают исследование на временных рядах. Временной ряд — это последовательность упорядоченных данных, записанных в хронологическом порядке [12]. Наблюдение и изучение временного ряда, поиск закона его изменения и развития, а также прогнозирование его будущей тенденции — это анализ временных рядов. В повседневном производстве и в повседневной жизни временные ряды присутствуют повсюду, а анализ временных рядов имеет очень широкий спектр приложения, в том числе и в экономической науке.

1. Значение временного ряда. Со статистической точки зрения так называемые временные ряды — это ряды различных значений определенного показателя в разное время в определенном порядке времени. Из-за влияния различных случайных факторов такая последовательность показателей часто демонстрирует некоторую случайность, а между показателями существует статистическая зависимость. [13].

В математическом смысле если мы наблюдаем и измеряем некоторую переменную или группу переменных $X(t)$ в определенном процессе в серию моментов t_1, t_2, \dots, t_N (t — независимая переменная, t_1, t_2, \dots, t_N), набор дискретных порядковых номеров $X_{t_1}, X_{t_2}, \dots, X_{t_i}, \dots, X_{t_N}$ называется дискретным числом. Временной ряд — выборочная реализация случайного процесса. Предположим, что $X(t: t \in T)$ — случайный процесс, а X_{t_i} ($i = 1, 2, \dots, n$) — значение наблюдения процесса $X(t)$ в момент времени i ,

тогда X_{t_i} ($i = 1, 2, \dots, n$) называется выборочной реализацией, то есть временным рядом [14, 15].

Временной ряд — это объективная запись исторического поведения изучаемой системы, поэтому он содержит структурные характеристики системы и законы ее работы. Таким образом, мы можем понять структурные характеристики изучаемой системы (такие как амплитуда периодических колебаний, тип тенденции и т. д.) и посредством изучения временных рядов выявить правила ее работы, а затем использовать их для прогнозирования и управления ее будущим поведением, модифицировать и перепроектировать систему (например, изменение ее цикла и параметров), чтобы она работала в соответствии с новой структурой [16, 17].

Таким образом, временные ряды имеют следующие характеристики: во-первых, положение данных или точек данных в ряду зависит от времени, то есть значение данных зависит от изменений во времени, но не обязательно является строгой функцией времени t [18]. Во-вторых, значение или положение точки данных в каждый момент времени имеет определенную степень случайности, и невозможно его полностью и точно предсказать, используя исторические значения. В-третьих, существует определенная корреляция между значением или положением точки данных во время до и после (не обязательно в ближайшее время), и эта корреляция является динамической регулярностью системы. Наконец, в целом временные ряды часто показывают некоторые тенденции или периодические изменения [19, 20].

2. Классификация временных рядов:

— по количеству точек объекта исследования бывают одномерные временные ряды и множественные временные ряды;

— в соответствии с непрерывностью времени временные ряды можно разделить на дискретные и непрерывные временные ряды. Если параметр времени, соответствующий каждому значению в последовательности, является точкой разрыва, последовательность является дискретной временной последовательностью; если параметр времени, соответствующий каждому значению в последовательности, является непрерывной функцией, тогда последовательность — непрерывный временной ряд. В основном мы изучаем дискретный временной ряд, который представлен как X_t . Для непрерывного временного ряда он может быть преобразован в дискретный временной ряд путем выборки через равные интервалы, а затем изучен;

— согласно статистическим характеристикам рядов, существует четыре типа временных рядов — стабильно однородные и неоднородные и нестабильно однородные и неоднородные [21; 22, с. 47].

Характеристики стабильных временных рядов:

— среднее значение постоянно, а ряд колеблется около среднего значения;

— автоковариация зависит только от временного интервала;

— для большинства стационарных рядов автокорреляционная функция быстро убывает по мере увеличения лагового члена.

Характеристики нестабильных временных рядов:

— не имеет фиксированного среднего;

— автоковариация зависит не только от временного интервала;

— по мере увеличения времени задержки автокорреляционная функция обычно не затухает быстро [23, 24].

Характеристики однородных временных рядов:

— среднеквадратическое отклонение и другие показатели рассеяния являются постоянными;

— временной ряд может быть как стабильным, так и нестабильным [25, 26].

Характеристики неоднородных временных рядов:

— среднеквадратическое отклонение и другие показатели рассеяния не постоянны;

— временной ряд может быть как стабильным, так и нестабильным.

Таким образом, сочетание видов изменчивости временных рядов дает 4 типа, различающиеся по центральным моментам первого и второго порядка.

Данные и методы

Сбалансированность природопользования определяется взаимоотношением определенных индикаторов, характеризующих определенный тип природных ресурсов — атмосферные, водные, лесные и земельные. При этом индикаторы могут характеризовать как использование природных ресурсов, например, использование свежей воды или производство древесины, так и восстановление природных ресурсов (объем оборотной и последовательно используемой воды, лесовосстановление и др.). Эколого-экономические индикаторы из статистической отчетности рассмотрены с 1991 г. по РФ с периодом наблюдений 27–28 лет. Выбор индикаторов для оценки

Основные эколого-экономические индикаторы, используемые в исследовании

Main environmental and economic indicators used in the study

№	Атмосферные	Водные	Лесные	Земельные
1	Выбросы загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферный воздух (АВ), отходящих от стационарных источников (тыс. т)	Использование свежей воды (млн м ³)	Производство лесоматериалов (тыс. м ³)	Площадь нарушенных земель (тыс. га)
2	Улавливание загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников (тыс. т)	Сброс загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты (млн м ³)	Площадь лесных земель, пройденная пожарами на землях лесного фонда (га)	Размещение (захоронение) отходов производства и потребления (тыс. т)
3	Затраты на охрану АВ и предотвращение изменения климата (млн руб.)	Объем оборотной и последовательно используемой воды (млн м ³)	Производство древесины не-обработанной (тыс. плотных м ³)	Земельная площадь сельскохозяйственных (с/х) угодий (тыс. га)
4	Инвестиции на охрану атмосферного воздуха (млн руб.)	Затраты на сбор и очистку сточных вод (млн руб.)	Лесные ресурсы: общий запас древесины (млн м ³)	Посевные площади сельскохозяйственных культур (тыс. га)
5		Инвестиции на охрану и рациональное использование водных ресурсов (млн руб.)	Площадь лесных земель (тыс. га)	Затраты на защиту и реабилитацию земель (млн руб.)
6			Лесные ресурсы: лесистость территорий (%)	Инвестиции на охрану и рациональное использование земель (млн руб.)
7			Лесовосстановление (тыс. га)	

сбалансированности природопользования осуществлен по Уральскому, Сибирскому и Дальневосточному округам, включающим 6, 10 и 11 субъектов Федерации соответственно. Выбранные индикаторы по определенным видам природного ресурса представлены в таблице 1 (авторская). Розовым цветом помечены индикаторы использования природных ресурсов, а зеленым цветом — индикаторы восстановления согласно балансовому уравнению (см. рис. 1).

Для каждого индикатора была создана таблица с данными и построены графики по каждому субъекту исследуемых федеральных округов с 1991 г. по 2018 г. Все числовые значения взяты из официальных источников, а именно Единой межведомственной информационно-статистической системы (ЕМИСС)¹ и Федеральной службы государственной статистики².

Методы исследования заключались в построении графиков изменчивости эколого-эко-

номических индикаторов от времени и их анализ. Всего построено около 700 графиков по 21 индикатору и 27 субъектам Федерации с временным интервалом с 1991 г. по 2018 г. Графики строились в программе Excel.

Анализ графического материала заключался в оценке вида изменчивости индикаторов с целью выявления тенденции к сбалансированности использования и восстановления природного ресурса.

Статистическая обработка исходных данных по индикаторам включала оценку закона распределения индикатора и выявление его основных статистических характеристик, характеризующих изменчивость показателя, а также корреляционно-регрессионный анализ. Обработка исходных данных осуществлялась в программе Statistica 10.0.

Результаты и обсуждение

В процессе данной работы были подробно рассмотрены и изучены эколого-экономические индикаторы субъектов Федерации трех федеральных округов: Уральского, Сибирского и Дальневосточного, проанализированы их стабильность и нестабильность, однородность и неоднородность.

¹ Единая межведомственная информационно-статистическая система. URL: <https://www.fedstat.ru/> (дата обращения 10.09.2020).

² Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://www.gks.ru/> (дата обращения 10.09.2020).

Проанализируем изменчивость характеристик основных индикаторов использования и восстановления природных ресурсов по их видам.

Атмосферные ресурсы. Динамика выбросов ЗВ, отходящих от стационарных источников, показывает (рис. 2), что имеют место различные виды изменчивости практически по всем субъектам. Наиболее интересна ситуация в ХМАО-Югре в Уральском ФО. Как видно на графике, наихудшие показатели по выбросам ЗВ в атмосферу в этом субъекте были в 2003–2006 гг., и наибольший вклад в загрязнение атмосферы внесли предприятия нефтегазодобывающей промышленности организованными и неорганизованными выбросами загрязняющих веществ и парниковых газов, сжиганием попутного нефтяного газа на факелах, которые потребляют кислород и загрязняют атмосферу оксидами азота и серы, оксидами углерода, а также продуктами неполного сгорания углеводородов. В 2007 г. динамика выбросов ЗВ пошла на снижение вплоть до 2015 г. и затем стабилизировалась. Вероятно, улучшение ситуации произошло в результате проведения мероприятий, предусмотренных Концепцией экологической безопасности Ханты-Мансийского округа — Югры на период до 2020 года¹ и государственной программой «Обеспечение экологической безопасности Ханты-Мансийского автономного округа — Югры на 2016–2020 годы»². В рамках принятых документов к реализации инвестиционных проектов привлечены нефтегазодобывающие компании, которые за счет собственных средств осуществляют реконструкцию факельных хозяйств с целью обеспечения соответствия факельных систем действующим требованиям. До 2030 г. компаниями планируется осуществить строительство (реконструкцию) 182 объектов по утилизации попутного нефтяного газа.

Динамика затрат на охрану атмосферного воздуха и предотвращения изменения климата показывает (рис. 3), что данный индикатор нестабилен и неоднороден. В УФО скачкообразные изменения индикатора начались с конца

90-х гг. прошлого столетия. В СФО и ДФО особенно высокие вариации имеют место в последний период наблюдений с 2011 г. по 2018 г.

Водные ресурсы. Динамика сброса загрязненных сточных вод в водные объекты (рис. 4) по различным субъектам Федерации имеет как стабильную, так и нестабильную изменчивость. По этому индикатору наблюдается провал практически во всех субъектах федеральных округов, приходящийся на 1990-е гг., за исключением Приморского края в ДФО. Начиная с 2000 г. индикатор стабилизировался и стал более однородным во всех субъектах, кроме ХМАО-Югры, где произошло скачкообразное повышение объемов сброса загрязненных сточных вод в период 2013–2017 гг.

Динамика инвестиций на охрану и рациональное использование водных ресурсов характеризуется неоднородностью, начиная с 2006 г. (рис. 5). Наибольшие инвестиционные вложения в эту сферу произошли в ХМАО-Югре и ЯНАО Уральского ФО, в Кемеровской и Омской областях Сибирского ФО, в Приморском крае и Республике Саха (Якутия) Дальневосточного ФО.

Лесные ресурсы. Индикатор «лесовосстановление» имеет стабильную и нестабильную изменчивость по ресурсным субъектам РФ и в основном однороден (рис. 6). В УФО снижение объемов лесовосстановления происходило с 1990-х г. в Свердловской области, ХМАО-Югре и ЯНАО, затем к 2000-м гг. положение в этих субъектах стабилизировалось, но в 2010 г. резкое снижение лесовосстановления произошло в ХМАО-Югре и остается стабильно низким по настоящее время. В остальных округах можно отметить постепенное увеличение лесовосстановления в Иркутской области (СФО) и снижения этого индикатора в Хабаровском крае (ДФО).

Земельные ресурсы. Индикатор «инвестиции на охрану и рациональное использование земель» имеет явную нестабильную и неоднородную изменчивость практически по всем субъектам федерации ресурсных регионов начиная с 2000-х гг. (рис. 7). В разрезе данного индикатора площадь рекультивированных земель к 2017 г. в УФО составила 10,77 тыс. га, а площадь нарушенных земель — 99,3 тыс. га. В СФО площадь рекультивированных земель — 16,05 тыс. га, площадь нарушенных земель — 195 тыс. га. В ДФО соответственно — 27,71 тыс. га и 206,3 тыс. га.

Таким образом, анализ графиков изменчивости индикаторов природопользования показал, что в ресурсных регионах имеет ме-

¹ Концепция экологической безопасности Ханты-Мансийского округа-Югры на период до 2020 года от 10 апреля 2007 года № 110-рп. URL: <http://aaningsitir.ru/politic/base/summary/3> (дата обращения 25.09.2020).

² Государственная программа ХМАО-Югры «Обеспечение экологической безопасности Ханты-Мансийского автономного округа-Югры на 2016–2020 годы» от 9 октября 2013 г. № 426-п. URL: <http://base.garant.ru/19017536/#friends> (дата обращения 25.09.2020).

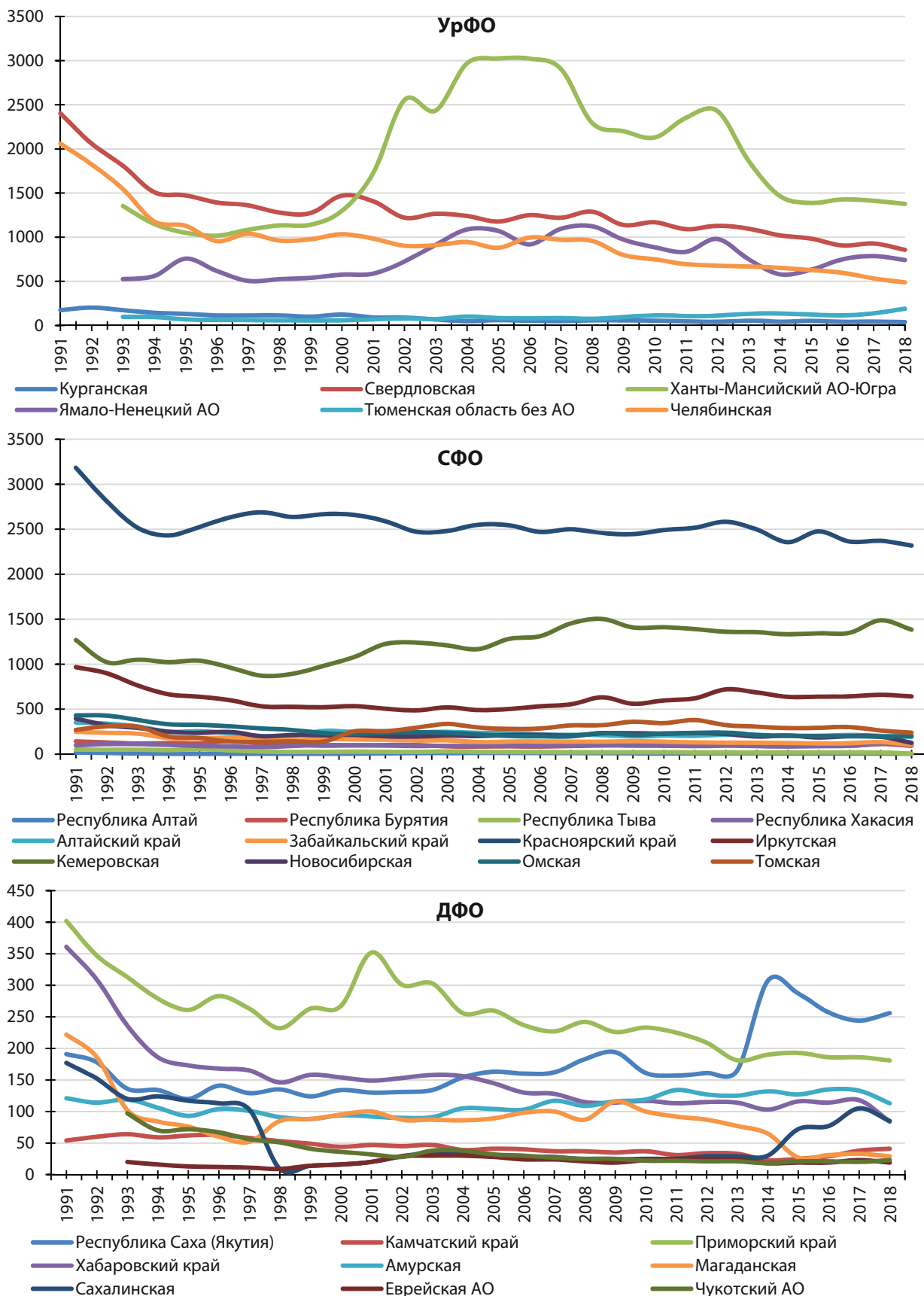


Рис. 2. Динамика выбросов ЗВ, отходящих от стационарных источников загрязнения атмосферного воздуха (тыс. тонн) в УрФО, СФО, ДФО

Fig. 2. Pollutant emissions from stationary sources (thousand tonnes) in the Ural Federal District, Siberian Federal District and Far Eastern Federal District

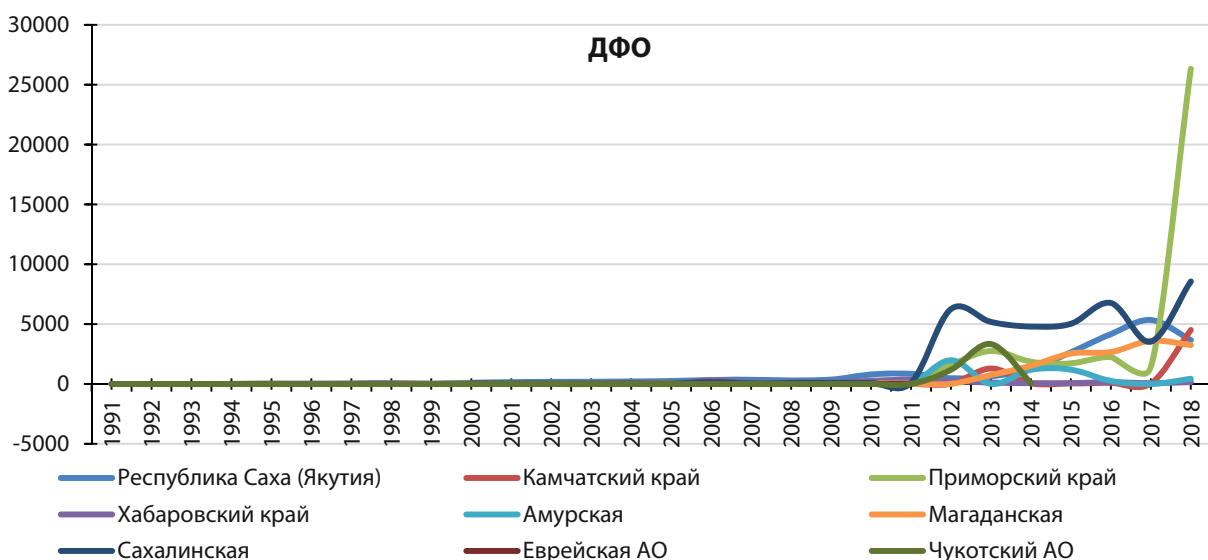
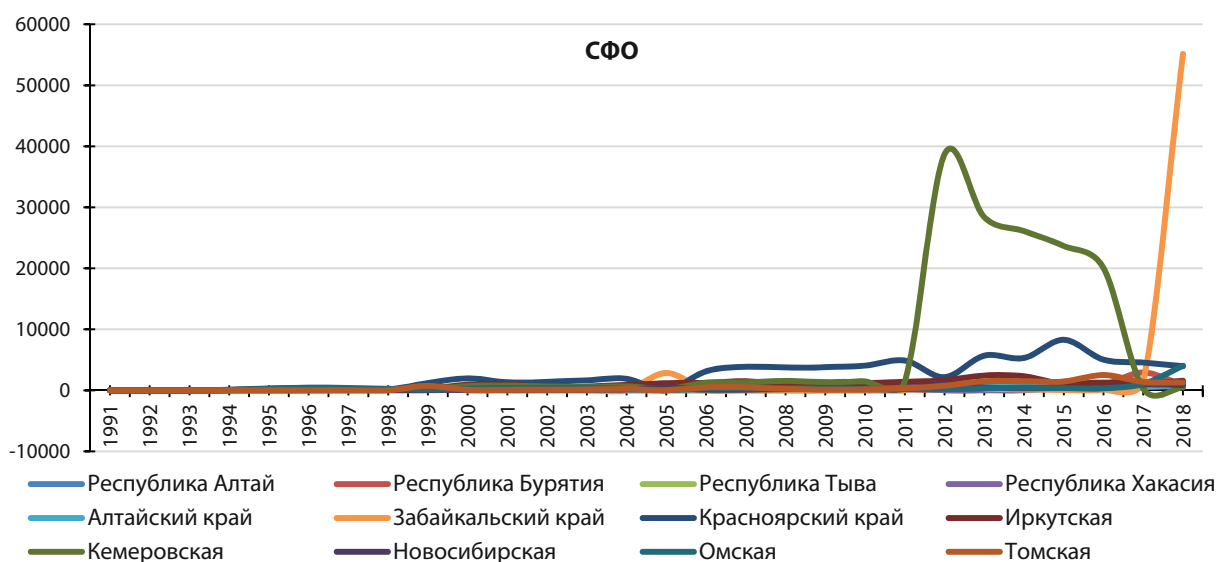
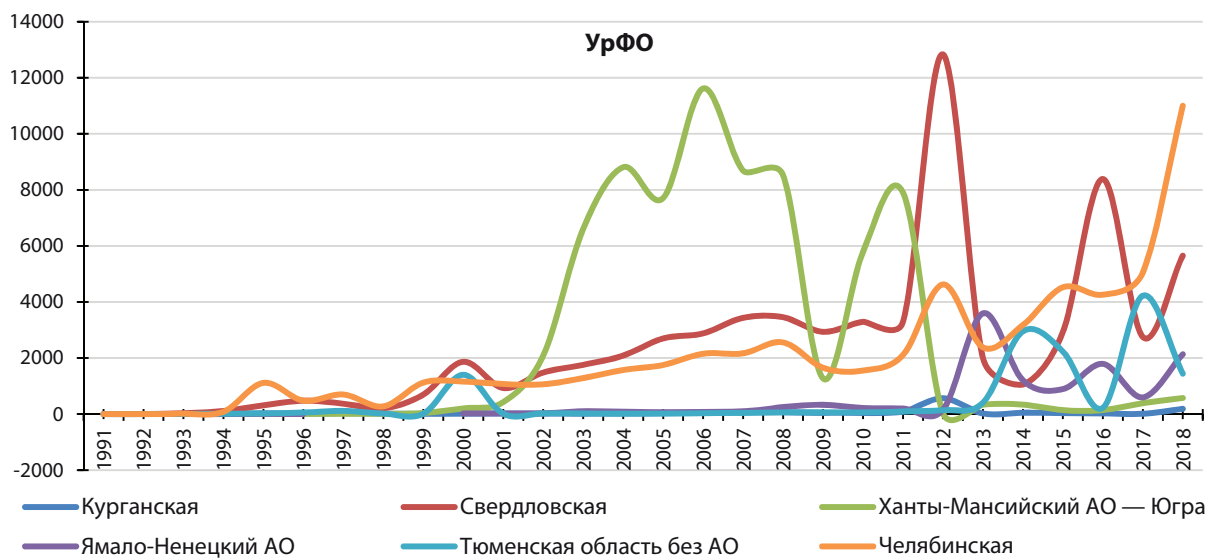


Рис. 3. Динамика затрат на охрану атмосферного воздуха и предотвращения изменения климата (млн руб.) в УрФО, СФО, ДФО

Fig. 3. Expenditures on the protection of atmospheric air and prevention of climate change (million roubles) in the Ural Federal District, Siberian Federal District and Far Eastern Federal District

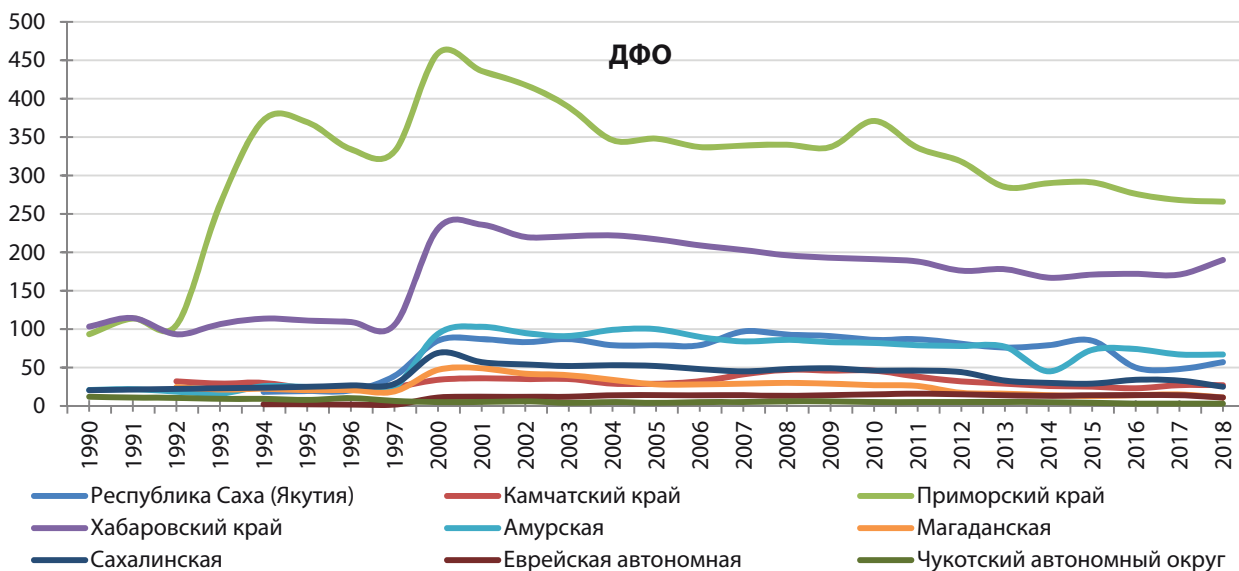
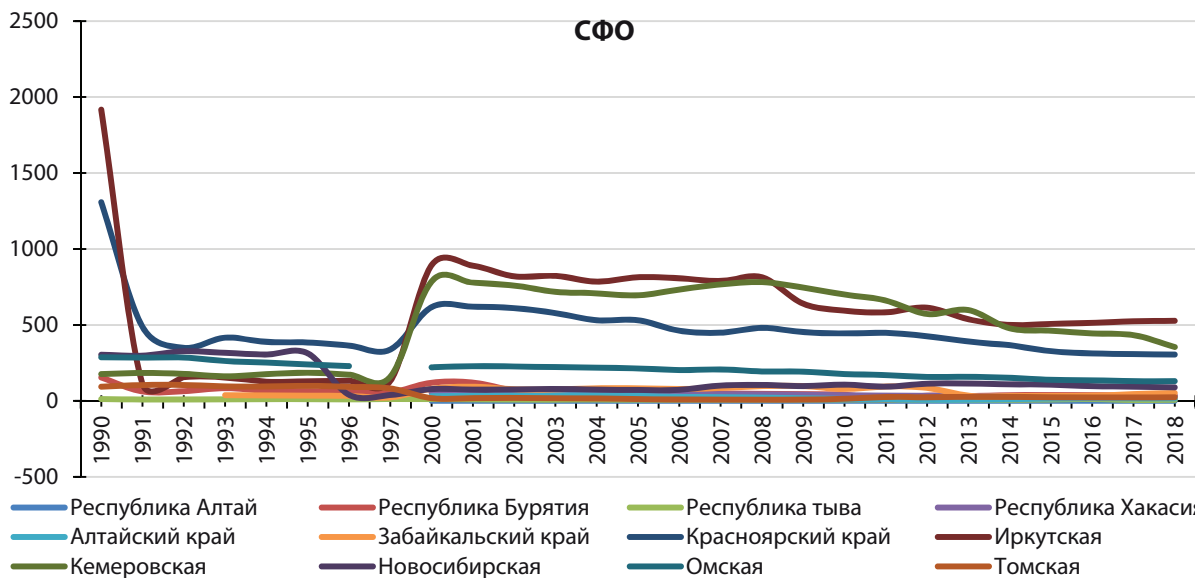
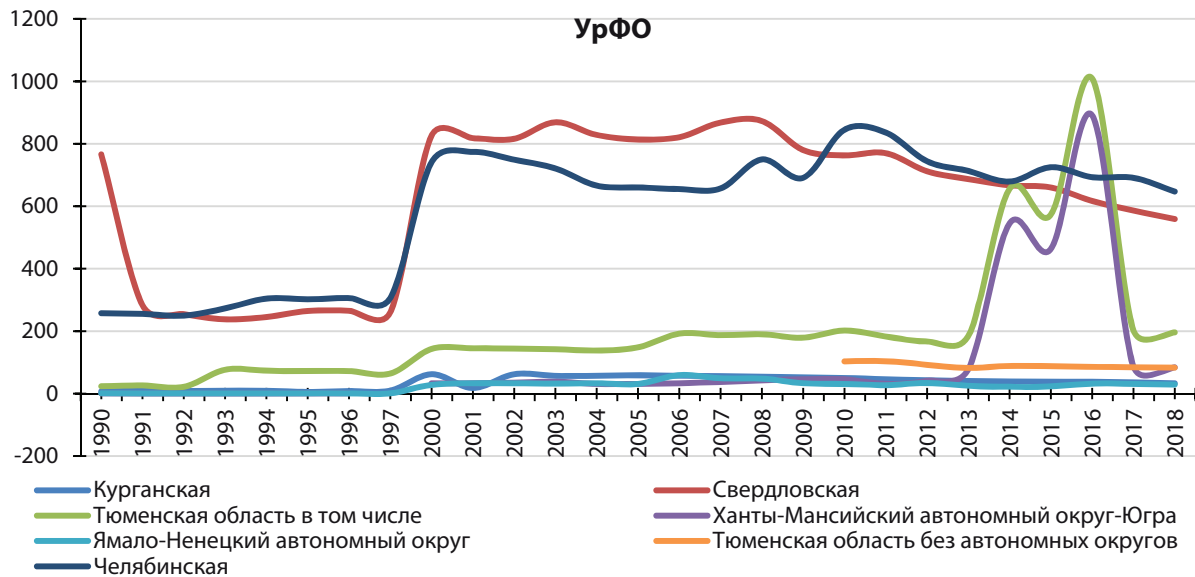


Рис. 4. Динамика сброса загрязненных сточных вод в поверхностные водные объекты УрФО, СФО, ДФО, млн м³
Fig. 4. Discharge of contaminated water into surface water bodies of the Ural Federal District, Siberian Federal District and Far Eastern Federal District (million square meters)

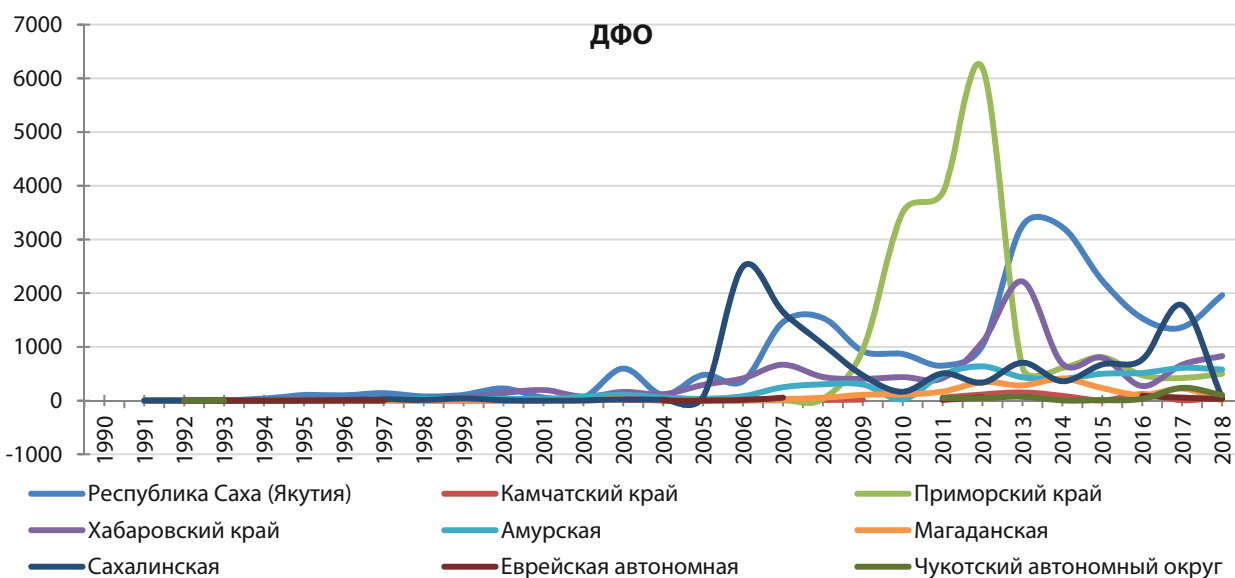
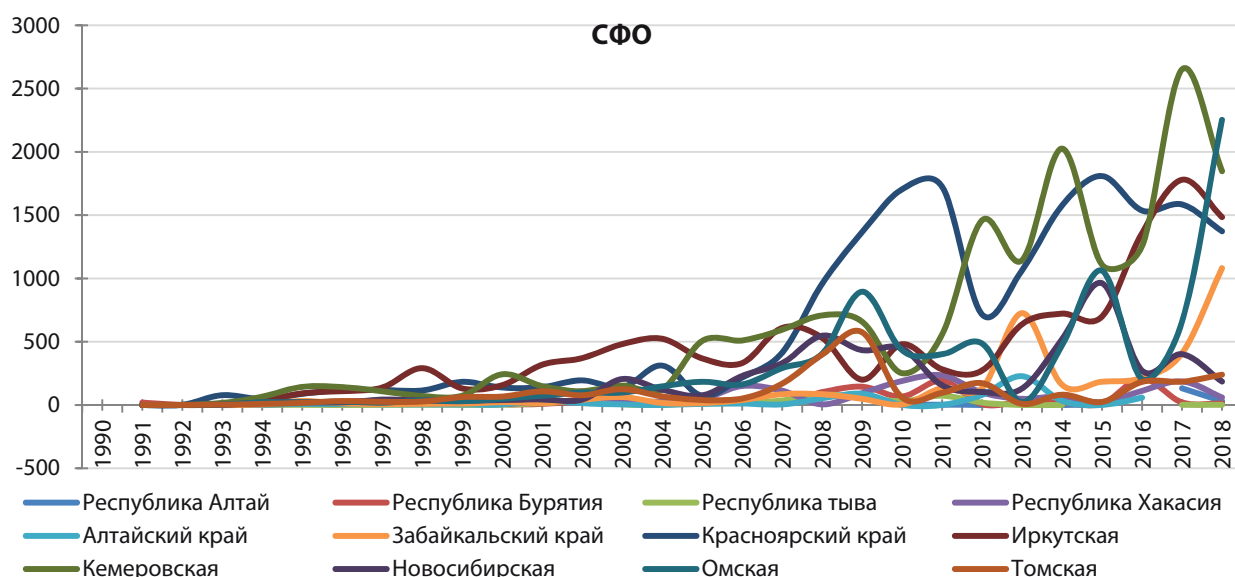
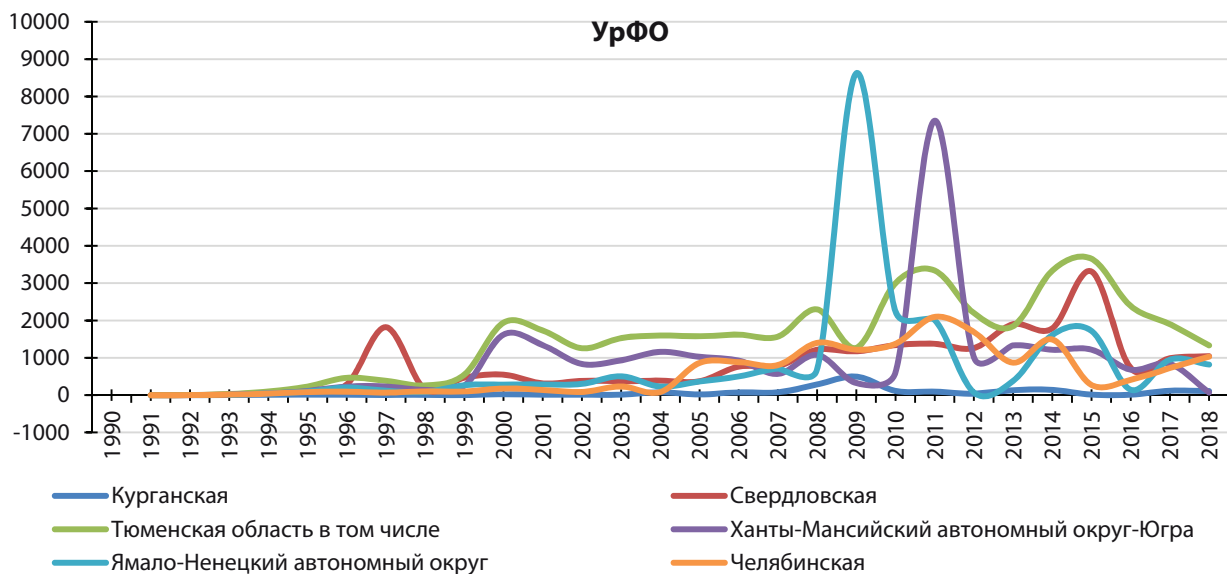


Рис. 5. Динамика инвестиции на охрану и рациональное использование водных ресурсов УрФО, СФО, ДФО, млн руб.
Fig. 5. Investment in the protection and rational use of water resources in the Ural Federal District, Siberian Federal District and Far Eastern Federal District (million roubles)

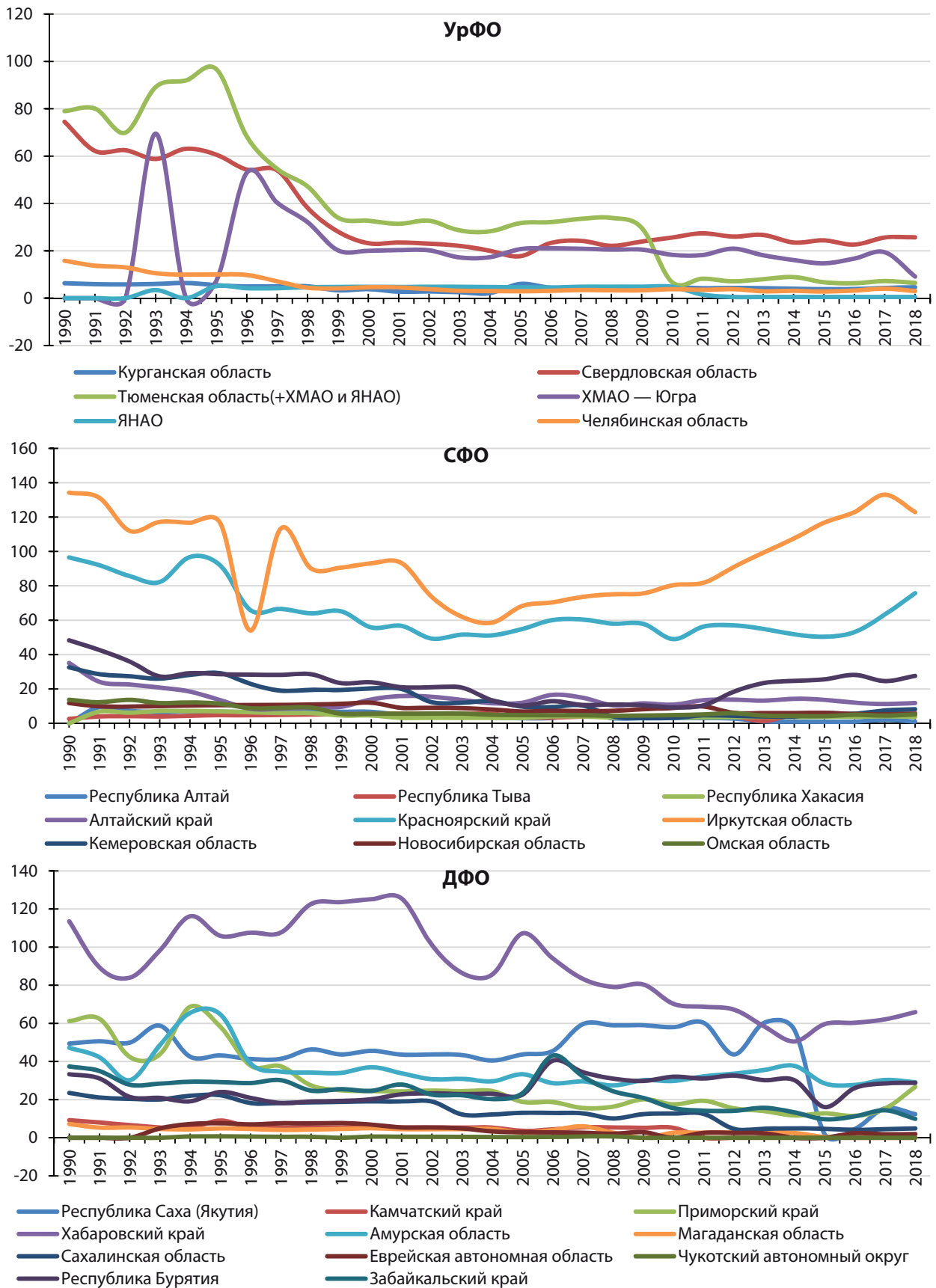


Рис. 6. Динамика параметров «лесовосстановление» (тыс. га) субъектов УрФО, СФО, ДФО в период с 1990 по 2018 гг.
Fig. 6. Reforestation (thousand hectares) in the entities of the Ural Federal District, Siberian Federal District and Far Eastern Federal District in the period 1990–2018

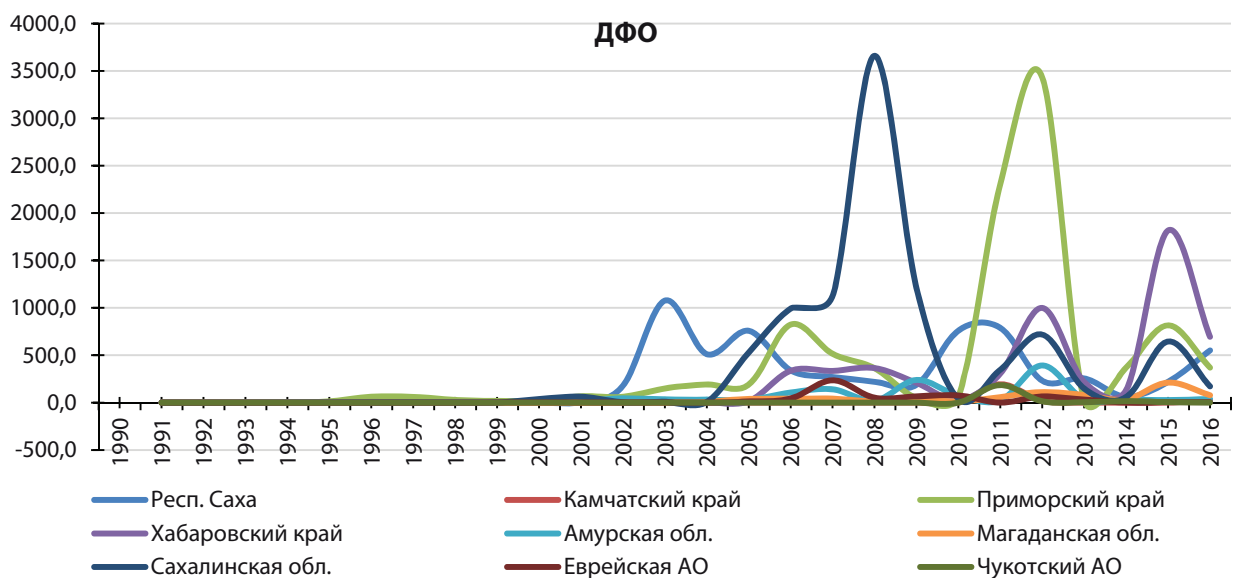
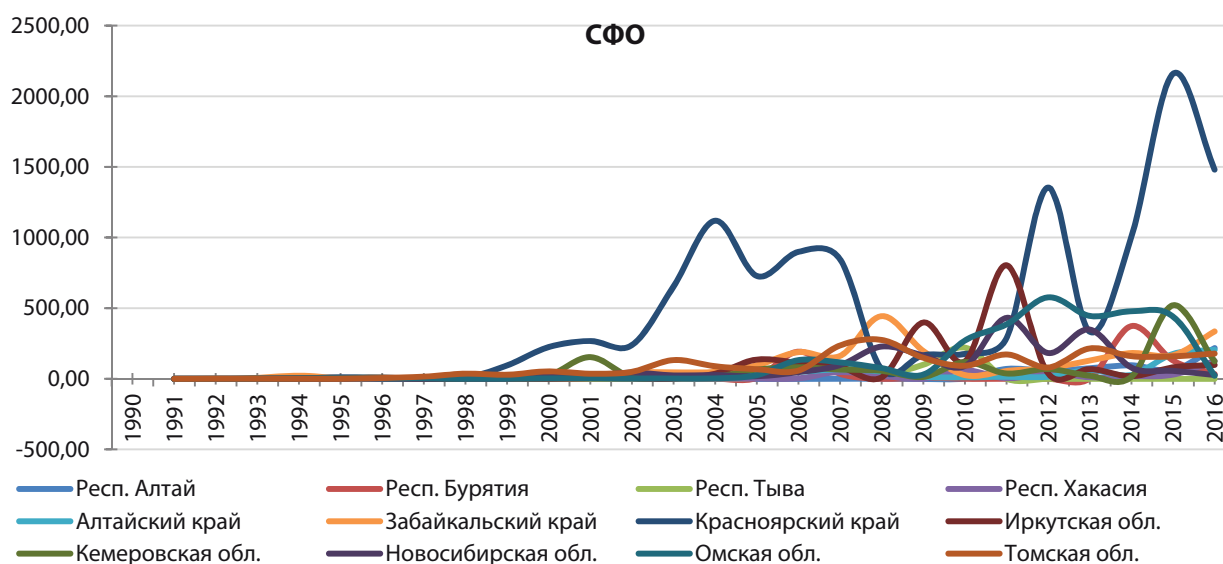
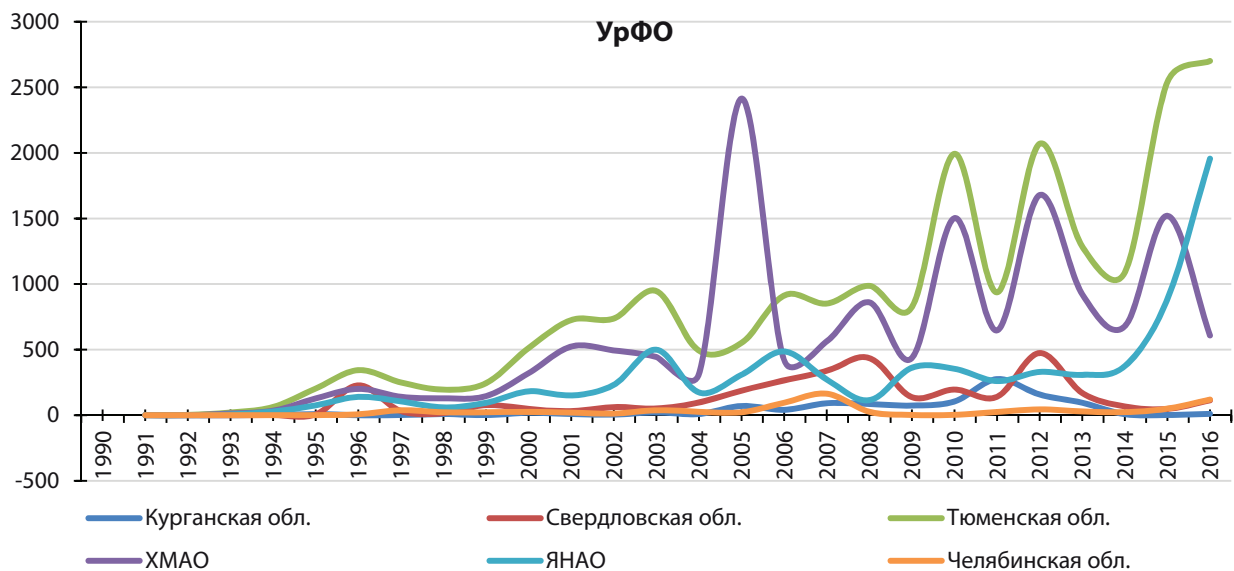


Рис. 7. Динамика инвестиций на охрану и рациональное использование земель, (млн руб.)

Fig. 7. Investment in the protection and rational use of land (million roubles)

сто 4 вида их изменчивости, а именно: стабильно-однородная, стабильно-неоднородная, нестабильно-однородная и нестабильно-неоднородная.

Основными показателями изменчивости переменной являются центральные моменты второго порядка, дисперсия, среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации. Коэффициент вариации — это безразмерная величина, характеризующая изменчивость, с помощью которой можно сравнивать переменные по этому показателю. Анализ коэффициентов вариации исследуемых индикаторов природопользования показывает, что коэффициент вариации изменяется в широких пределах и может достигать до 400 % по некоторым индикаторам. Это предопределяет отнесение индикатора к категории однородного при коэффициенте вариации $< 0,33$ и неоднородного при коэффициенте вариации $> 0,33$.

Оценка изменчивости индикаторов легла в основу их типизации (табл. 2). В таблице цветом выделены «Отрицательный» (красный), «Удовлетворительный» (желтый) и «Положительный» (зеленый) тренд природопользования (со — стабильно-однородное, сн — стабильно-неоднородное, но — нестабильно-однородное, нн — нестабильно-неоднородное).

Стабильная или нестабильная изменчивость индикаторов характеризует отсутствие или наличие тренда изменчивости. Однородная или неоднородная изменчивость характеризуется коэффициентом вариации. При коэффициенте корреляции индикаторов со временем $|r| \geq 0,5$ имеет место нестабильная изменчивость, а при $|r| < 0,5$ стабильная.

Анализ данных таблицы 2 дает возможность оценить и проанализировать баланс между использованием и восстановлением природных ресурсов по различным их видам в рассматриваемых регионах.

В Уральском федеральном округе положительная тенденция по сбалансированности природопользования наблюдается в следующих субъектах:

— Курганская область: снижение объемов использования свежей воды, увеличение инвестиций на охрану атмосферного воздуха и затрат на сбор и очистку сточных вод, уменьшение объемов лесозаготовки, увеличение площади лесных земель и общего запаса древесины, рост затрат на защиту и реабилитацию земельных ресурсов;

— Свердловская область: снижение объемов выброса ЗВ в атмосферу и объемов использования свежей воды, увеличение инве-

стиций на охрану и рациональное использование атмосферного воздуха и водных ресурсов, рост затрат на охрану атмосферного воздуха, на сбор и очистку сточных вод, а также на обращение с отходами, уменьшение объемов лесозаготовки и необработанной древесины, увеличение площади лесных земель и общего запаса древесины, рост инвестиций на охрану и рациональное использование земель;

— Тюменская область: рост объемов уловленных загрязняющих атмосферу веществ, увеличение инвестиций и затрат на охрану атмосферного воздуха, а также затрат на сбор и очистку сточных вод, увеличение объемов лесовосстановления и лесистости площадей, снижение количества пожаров, рост инвестиций на охрану и рациональное использование земельных ресурсов;

— ХМАО-Югра: снижение объемов выброса ЗВ в атмосферу после значительного скачкообразного повышения, рост инвестиций на охрану атмосферного воздуха, увеличение объемов оборотной и последовательно используемой воды, увеличение площадей лесных земель, лесистости и общего запаса древесины, снижение объемов необработанной древесины и лесозаготовок, увеличение земельных посевных площадей, рост инвестиций на охрану и рациональное использование земель;

— ЯНАО: рост затрат и инвестиций на охрану атмосферного воздуха, увеличение объемов оборотной и последовательно используемой воды, рост затрат на сбор и очистку сточных вод, снижение объемов необработанной древесины и лесозаготовок, снижение площади нарушенных земель и увеличение земельных посевных площадей, рост инвестиций на охрану и рациональное использование земель, падение объемов захоронения отходов производства и потребления;

— Челябинская область: уменьшение объемов выбросов ЗВ в атмосферный воздух и использования свежей воды, рост затрат на сбор и очистку сточных вод, увеличение инвестиций на охрану и рациональное использование атмосферного воздуха и водных ресурсов, увеличение площади лесных земель, лесистости и общего запаса древесины, уменьшение объемов необработанной древесины и лесозаготовок, снижение площади нарушенных земель, рост затрат на защиту и реабилитацию земель и инвестиций на охрану окружающей среды.

К негативным тенденциям в сбалансированности природопользования в том же округе необходимо отнести следующие индикаторы:

Таблица 2

Table 2

Типизация эколого-экономических индикаторов по оценке изменчивости

Typology of environmental and economic indicators for assessing the variability

Округ/Индикаторы	Атмосферные				Водные				Лесные							Земельные							
	Объем выбросов ЗВ в атмосферу	Улавливание загрязняющих веществ	Затраты на охрану атмосферы	Инвестиции на охрану атмосферы	Использование свежей воды	Объем оборотной и повторно используемой воды	Сбор загрязненных сточных вод	Затраты на сбор и очистку сточных вод	Инвестиции на охрану и рациональное использование водных ресурсов	Лесовосстановление	Площадь лесных земель	Необработанная древесина	Лесистость	Общий запас древесины	Пожары	Лесозаготовки	Площадь нарушенных земель	Площадь земельных угодий	Посевные площади	Затраты на защиту и реабилитацию земель	Инвестиции на охрану и рациональное использование земель	Размещение отходов	
УФО	Курганская	СО	СО	СН	НН	НН	НН	СН	СО	НО	СО	НО	НО	НО	СН	НН	СО	СО	НО	НО	НО	НО	НО
	Свердловская	НО	НО	НН	НН	СО	НО	НН	НН	НО	НН	НО	НО	СН	СН	НН	НО	СО	НО	НО	НО	НО	НО
	Тюменская	НО	НН	НН	НН	СО	НО	СН	НН	НН	НО	НО	НО	СО	НН	НН	НО	СО	НО	НО	НО	НО	НО
	ХМАО	НН	СН	СН	НН	НО	НО	СО	СН	СН	НО	НО	НО	НО	СН	НН	НО	СО	НО	СО	СО	СО	СН
	ЯНАО	СО	СН	НН	НН	СН	НН	НО	СН	СН	НН	НН	СО	СО	СН	НН	НО	СО	НО	СН	СН	НН	СО
СФО	Челябинская	НО	СО	СН	НН	НО	НО	НО	НО	НН	НО	НО	НО	НО	СН	НО	НО	СО	НО	НО	НО	СН	НН
	Республика Алтай	СО	СН	СН	НН	НН	СО	НН	НН	НН	НО	НО	НО	СН	СН	НН	НО	НО	НО	СО	НО	СН	НН
	Республика Тыва	СО	СН	СН	СО	НН	НО	НН	СН	СО	НО	НО	НО	СН	СН	НН	НО	НО	НО	СО	НО	СН	СО
	Республика Хакасия	СО	СО	СН	СН	НО	НО	НО	НН	СО	НО	НО	НО	СН	СН	НН	НО	НО	НО	СО	НО	СН	НН
	Алтайский край	НО	НО	НН	СН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	СН	НН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	СН
	Красноярский край	НО	НО	НН	НН	СО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НН	НН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	СО
	Иркутская	СО	СО	НН	НН	НО	НО	СН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НН	НН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО
	Кемеровская	НО	СО	НН	НН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	СН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО
	Новосибирская	НО	СО	НН	НН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	СН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО
	Омская	НО	НО	СН	СН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	СН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО
ДФО	Томская	СО	НО	НН	НН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	СН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО
	Республика Бурятия	НО	СО	НН	СН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	СН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО
	Республика Саха	НО	СО	НН	НН	СО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	СН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО
	Камчатский край	НО	СН	СН	НН	СО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	СН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО
	Забайкальский край	НО	НО	СН	СН	СО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	СН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО
	Приморский край	НО	НО	СН	НН	СО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	СН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО
	Хабаровский край	НО	НО	НН	СН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	СН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО
	Амурская	НО	СО	НН	НН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	СН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО
	Магаданская	НО	НН	НН	НН	СО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	СН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО
	Сахалинская	СН	НО	НН	СН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	СН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО
Еврейская АО	СО	СО	СН	СН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	СН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	
Чукотский АО	НН	НО	СН	СН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	СН	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	НО	

— в Курганской области: возрастание объемов сброса загрязненных сточных вод, снижение объемов оборотной и последовательно используемой воды, уменьшение посевных земельных площадей;

— в Свердловской области: снижение улавливания загрязняющих атмосферу веществ, лесовосстановления, снижение посевных земельных площадей, а также затрат на защиту и реабилитацию земельных ресурсов;

— в Тюменской области: увеличение объемов сброса загрязненных сточных вод, лесозаготовок, площади нарушенных земель, снижение площадей лесных земель, посевных земельных площадей, затрат на защиту и реабилитацию земельных ресурсов;

— в ХМАО-Югре: увеличение объемов использования свежей воды и сброса загрязненных сточных вод, рост использования свежей воды, снижение посевных площадей;

— в ЯНАО: рост объемов загрязненных сточных вод, уменьшение площади лесных земель и посевных площадей;

— в Челябинской области: увеличение объемов сброса загрязненных сточных вод, снижение лесовосстановления и посевных площадей, рост объемов захоронения отходов производства и потребления.

Выбранные для исследования индикаторы основаны на статистической информации и в совокупности характеризуют состояние и уровень сбалансированности природопользования в регионе в рамках настоящего исследования. В ходе анализа оценки изменчивости индикаторов во времени в каждом регионе рассматриваемых федеральных округов отмечается различное количество «положительных» и «отрицательных» индикаторов, характеризующих соответственно позитивный или негативный тренд. В идеале количество «положительных» индикаторов должно возрастать, а число «отрицательных» — стремиться к нулю. Для наглядности можно ввести индекс соотношения «положительных» и «отрицательных» индикаторов — IR (*Index Ratio*, от англ. *ratio* — соотношение), который отражает наличие или отсутствие баланса в использовании природных ресурсов в регионе. Например, в таблице 2 видно, что в Курганской области 8 «положительных» индикаторов и 3 «отрицательных». Таким образом, в Курганской области индекс соотношения индикаторов — $IR = 8 : 3 = 2,67$. Если количество «положительных» индикаторов меньше количества «отрицательных», это говорит о наличии дисбаланса в природопользовании. При существенном превы-

Таблица 3

Индекс соотношения индикаторов IR в регионах УрФО

Table 3

Index ratio in the regions of the Ural Federal District

Регион	IR
Курганская область	8:3=2,67
Свердловская область	12:4=3
Тюменская область	8:6=1,33
ХМАО-Югра	9:4=2,25
ЯНАО	10:3=3,33
Челябинская область	12:4=3

шении «положительных» индикаторов над «отрицательными» можно говорить о стремлении региона к сбалансированности природопользования. Если количество «положительных» индикаторов существенно превышает количество «удовлетворительных» и отсутствуют «отрицательные» индикаторы, можно говорить, что в регионе развивается зеленая экономика. Индексы соотношений индикаторов в регионах Уральского федерального округа представлены в таблице 3.

Таким образом, исходя из анализа индекса соотношения индикаторов, основанных на официальной статистической информации, можно сказать, что ЯНАО демонстрирует наибольшее стремление к сбалансированному природопользованию, так как IR имеет наибольшее значение — 3,33, незначительно опережая Свердловскую и Тюменскую области с IR равным 3. Наихудшее стремление демонстрирует Тюменская область — $IR = 1,33$.

Аналогично можно провести оценку и анализ по сбалансированности природопользования в Сибирском федеральном округе и Дальневосточном федеральном округе в разрезе выбранных индикаторов.

Проведенный анализ может лечь в основу управления процессами использования природных ресурсов в ресурсных субъектах РФ, что, в свою очередь, приведет к сбалансированному природопользованию и сохранению природной среды в настоящем и будущем.

Заключение

В ходе исследовательской работы были достаточно подробно рассмотрены три природно-ресурсных региона России: Уральский, Сибирский и Дальневосточный. В основу была положена концепция сбалансированного природопользования, в рамках которой рассматривались компоненты природы данных территорий, такие как атмосферный воздух, водные, лесные и земельные ресурсы.

Рассматриваемые регионы характеризуются как природно-ресурсные, обладающие достаточно богатыми запасами природных ресурсов и, соответственно, мощным экономическим потенциалом на их основе.

По результатам проведенных исследований можно сделать следующие теоретические и методические выводы:

— общая теория пространственно-временной изменчивости может быть применена для оценки изменчивости временных рядов эколого-экономических индикаторов.

— методика обработки временных рядов эколого-экономических индикаторов ресурсных регионов основывается на графических и статистических методах.

— типизация эколого-экономических индикаторов по видам изменчивости, включающая стабильную, нестабильную, однородную, неоднородную и их сочетания по ресурсным регионам может являться оценкой сбалансированности природопользования.

В целом по многим округам по приведенным ресурсам преобладание

«удовлетворительного» и «положительного» природопользования, хотя по отдельным индикаторам имеет место «отрицательное» природопользование с явным преобладанием их использования над восстановлением, что предопределяет принятие кардинальных управленческих мер по исправлению ситуации. Например, снижение посевных площадей практически во всех рассматриваемых округах, снижение объемов лесовосстановления и др.

Таким образом, можно сделать вывод о возможности использования данного метода в качестве дополнительного инструментария управления природопользованием на территории природно-ресурсных регионов для осуществления рационального потребления ресурсов в рамках устойчивого развития, которое позволит обеспечить стабильность и безопасность развития человеческого общества при удовлетворении его потребностей и сохранении качественного благополучия окружающей среды.

Список источников

1. Семячков А. И. Эколого-экономические аспекты деятельности предприятий горной промышленности. Екатеринбург : Институт экономики УрО РАН, 2013. 252 с.
2. 侯伟丽 [Хоу Вэйли], 环境规划与管理 [Экологическое планирование и управление], 北京 : 北京大学出版社 [Пекин : Изд-во Пекинского университета], 2016. 266 p.
3. 谢国忠 [Се Гочжун], 政治经济 [Политическая экономия], 榆林 : 榆林学院 [Юлинь : Юлинский университет], 2004. 202 p.
4. Батурин Л. А., Игнатов В. Г., Кокин А. В. Сбалансированное природопользование. Ростов-н Д : Ростиздат, 1998. 335 с.
5. Голубецкая Н. П. Сбалансированное природопользование в условиях переходной экономики. Москва : НИИ-Природа, 2000. 168 с.
6. Логинов В. Г., Балашенко В. В. Сбалансированное природопользование. Подходы к оценке // Известия УГГУ. 2019. Вып. 1(53). С. 156–161. DOI: <https://doi.org/10.21440/2307-2091-2019-1-156-161>.
7. Институциональные аспекты сбалансированного природопользования. Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2017. 134 с.
8. Теоретико-методологические основы сбалансированного природопользования / Рос. акад. наук, Урал. отд-е, Ин-т экономики; отв. ред. д-р геол.-минер. наук, проф. А. И. Семячков. Екатеринбург : Институт экономики УрО РАН, 2019 260 с.
9. Ахатов А. Г. Экология. Энциклопедический словарь. Казань : ТКИ Экополис, 1995. 368 с.
10. 苏颖 [Су Ина], 王海平 [Ван Хайпин], 俄罗斯的自然资源管理制度及其认识 [Система управления природными ресурсами России и ее понимание], 北京 : 中国国土资源经济研究院 [Пекин : Китайский институт экономики земли и ресурсов], 2016. P. 55–60.
11. 张仁铎 [Чжан Рендуо], 空间变异性的理论与应用 [Теория и применение пространственной изменчивости], 北京 : 当代杰出青年科学图书馆 [Пекин : Современная выдающаяся научная библиотека молодежи], 2005. 628 p.
12. 徐北海 [Сюй Бэйхай], 时间序列分析方法在变形数据处理中的应用研究 [Прикладные исследования метода анализа временных рядов при обработке деформационных данных], 武汉 : 武汉大学 [Ухань : Уханьский университет], 2016. P. 64–69. DOI: <https://doi.org/10.14188/j.2095-6045.2016.01.016>.
13. 程振源 [Чжан Шуцзин], 时间序列分析: 历史回顾与未来展望 [Анализ временных рядов и краткое обучение], 厦门 : 厦门大学 [Пекин : Университет Цинхуа], 2002. P. 45–46. DOI: <https://doi.org/10.13546/j.cnki.tjyj.2002.09.035>.
14. 王洋 [Ван Ян], 时间序列分析的应用 [Применение анализа временных рядов], 北京 : 中国人民大学 [Пекин : Жэньминьский университет Китая], 2005. 274 p.
15. 洪永森 [Хун Юнмяо]. 计量经济学 [Эконометрика], 厦门 : 科学观察 [Сямэнь : Научное наблюдение], 2017. P. 38–40. DOI: <https://doi.org/10.15978/j.cnki.1673-5668.201705008>.

16. 王振龙 [Ван Чжэньлун], 胡永红 [Ху Юнхонг], 时间序列分析的应用 [Применение анализа временных рядов], 北京: 中国科学院 [Пекин: Китайская академия наук], 2007. 246 p.
17. 李东风 [Ли Дунфэн], 金融时间序列分析的讲义 [Конспект лекций по анализу финансовых временных рядов], 上海: 上海财经大学 [Шанхай: Шанхайский университет финансов и экономики], 2020. 770 p.
18. 王军 [Ван Цзюнь], 黄土丘陵区小流域土壤水分的时空变化 [Временная и пространственная изменчивость влажности почвы в малом водоразделе лессовой холмистой местности], 北京: 中国科学院环境研究中心 [Пекин: Исследовательский центр экологической среды Китайской академии наук], 2000. P. 70–80.
19. 傅强 [Фу Цян], 姜秋香 [Цзян Цюсян], 空间变异性理论在土壤特征分析中的研究进展 [Прогресс исследований в области применения теории пространственной изменчивости к анализу характеристик почвы], 哈尔滨: 东北农业大学 [Харбин: Северо-Восточный сельскохозяйственный университет], 2008. P. 250–253.
20. 程亮 [Ченг Лян], 牛俊 [Ню Цзюнь], 中国河西走廊降水时空变化研究 [Исследование временной и пространственной изменчивости осадков в коридоре Хекси в Китае], 北京: 中国农业大学 [Пекин: Китайский сельскохозяйственный университет], 2017. P. 101–111. DOI: <https://doi.org/10.3390/e19120660>.
21. 赵立宏 [Чжао Лихонг], 水文时间序列周期性分析方法的研究 [Исследование метода периодического анализа гидрологических временных рядов], 南京: 河海大学 [Нанкин: Университет Хэ Хай], 2007. 75 p.
22. Бондарик Г. К. Основы теории изменчивости инженерно-геологических свойств горных пород. Москва: Недра, 1971. 272 с.
23. 王玛妮 [Ван Мани], 时间序列和空间维度研究 [Исследования временных рядов и пространственных изменений], 北京: 首都经济大学 [Пекин: Столичный экономический университет], 2011. 148 p.
24. 林慧 [Линь Хуэй], 对非平稳时间序列建模方法的研究 [Исследование метода моделирования нестационарных временных рядов], 武汉: 武汉理工大学 [Ухань: Уханьский технологический университет], 2005. 72 p.
25. 于成秀 [Ю Чэнсю], 基于稳定分布的时间序列模型参数估计的研究 [Исследование оценки параметров модели временных рядов на основе устойчивого распределения], 哈尔滨: 哈尔滨科技大学 [Харбин: Харбинский университет науки и технологий], 2014. 56 p.
26. 朱佳 [Чжу Цзя], 时间序列的分布特征和预测 [Характеристики распределения и прогнозирование временных рядов], 南京: 南京信息工程大学 [Нанкин: Нанкинский университет информационных технологий], 2010. 52 p.

References

1. Semyachkov, A. I. (Ed.). (2013). *Ekologo-ekonomicheskie aspekty deyatel'nosti predpriyatiy gornoy promyshlennosti [Environmental and Economic Aspects of the Activities of Mining Enterprises]*. Ekaterinburg: IE UB RAS, 252. (In Russ.)
2. Hou, W. (2016). *Environmental Economics*. Beijing: Peking University Press, 266. (In Chin.) 侯伟丽 (2016). 环境经济学. 北京: 北京大学出版社, 266.
3. Xie, G. (2004). *Political Economy*. Yulin: Yulin University, 202. (In Chin.) 谢国忠 (2004). 政治经济. 榆林: 榆林学院, 202.
4. Baturin, L. A., Ignatov, V. G. & Kokin, A. V. (1998). *Sbalansirovannoe prirodopolzovanie [Balanced Use of Natural Resources]*. Rostov-on-don: Rostizdat. 335. (In Russ.)
5. Golubetskaya, N. P. (2000). *Sbalansirovannoe prirodopolzovanie v usloviyakh perekhodnoy ekonomiki [Balanced nature management in a transitional economy]*. M.: NIA-Priroda, 168. (In Russ.)
6. Loginov, V. G. & Balashenko, V. V. (2019). Sustainable natural resource use: approaches to evaluation. *Izvestiya UGU [News of the Ural State Mining University]*, 1(53), 156–161. DOI: 10.21440 / 2307-2091-2019-1-156-161 (In Russ.)
7. Semyachkov, A. I. (Ed.). (2017). *Institutsionalnye aspekty sbalansirovannogo prirodopolzovaniya [Institutional aspects of sustainable natural resource management]*. Ekaterinburg: IE UB RAS, 134. (In Russ.)
8. Semyachkov, A. I. (Ed.). (2019). *Teoretiko-metodologicheskie osnovy sbalansirovannogo prirodopolzovaniya [Theoretical and methodological foundations for optimal use of natural resources]*. Ekaterinburg: IE UB RAS, 260. (In Russ.)
9. Akhatov, A. G. (1995). *Ekologiya. Entsiklopedicheskiy slovar [Ecology. Encyclopedic Dictionary]*. Kazan: TKI Ecopolis, 368. (In Russ.)
10. Su, I. & Wang, H. (2016). The system of natural resources management in Russia and its understanding. *China Water Potential*, 55–60. (In Chin.) 苏颖 & 王海平 (2016). 俄罗斯的自然资源管理制度及其认识. 中国水势, 55–60.
11. Zhang, R. (2005). *Theory and application of spatial variability*. Beijing: Contemporary Outstanding Youth Science Library, 628. (In Chin.) 张仁铎 (2005). 空间变异性的理论与应用. 北京: 当代杰出青年科学图书馆, 628.
12. Xu, B. (2016). Applied research of the method of time series analysis in processing deformation data. *Journal of Geomatics*, 64–69. DOI: 10.14188/j.2095-6045.2016.01.016 (In Chin.) 徐北海 (2016). 时间序列分析方法在变形数据处理中的应用研究. 测绘地理信息, 64–69.
13. Cheng, Z. (2002). Time series analysis: historical review and future prospects. *Statistics and Decision*, 45–46. DOI: 10.13546/j.cnki.tjyj.2002.09.035 (In Chin.) 程振源 (2002). 时间序列分析: 历史回顾与未来展望. 统计与决策, 45–46.
14. Wang, Y. (2005). *Application of time series analysis*. Beijing: Renmin University of China, 274. (In Chin.) 王洋 (2005). 时间序列分析的应用. 北京: 中国人民大学, 274.
15. Hong, Y. (2017). Econometrics. *Scientific Observation*, 38–40. DOI: 10.15978/j.cnki.1673-5668.201705008 (In Chin.) 洪永淼 (2017). 计量经济学. 科学观察, 38–40.

16. Wang, Z. & Hu, Y. (2007). *Application of time series analysis*. Beijing: Chinese Academy of Sciences, 246. (In Chin.) 王振龙 & 胡永红 (2007). 时间序列分析的应用. 北京: 中国科学院, 246.
17. Li, D. (2020). *Lecture Notes on Financial Time Series Analysis*. Shanghai: Shanghai University of Finance and Economics, 770. (In Chin.) 李东风 (2020). 金融时间序列分析的讲义. 上海: 上海财经大学, 770.
18. Wang, J. (2000). Temporal and spatial variability of soil moisture in the small watershed of a Loess hilly area. *Acta Geographica Sinica*, 70–80. (In Chin.) 王军 (2000). 黄土丘陵区小流域土壤水分的时空变化. 地理学报, 70–80.
19. Fu, Q. & Jiang, Q. (2008). Research progress in the application of the theory of spatial variability to the analysis of soil characteristics. *Soil and Water Conservation Research*, 250–253. (In Chin.) 傅强 & 姜秋香 (2008). 空间变异性理论在土壤特征分析中的研究进展. 水土保持研究, 250–253.
20. Cheng, L. & Niu, J. (2017). Entropy-Based Investigation on the Precipitation Variability over the Hexi Corridor in China. *Entropy*, 101–111. DOI: 10.3390/e19120660 (In Chin.) 程亮 & 牛俊 (2017). 中国河西走廊降水时空变化研究. 熵, 101–111.
21. Zhao, L. (2007). *Study of the method of periodic analysis of hydrological time series*. Nanjing: He Hai University, 75. (In Chin.) 赵立宏 (2007). 水文时间序列周期性分析方法的研究. 南京: 河海大学, 75.
22. Bondarik, G. K. (1971). *Osnovy teorii izmenchivosti inzhenerno-geologicheskikh svoystv gornykh porod [Fundamentals of the Theory of Geotechnical Characteristic Variations in Rocks]*. Moscow: «Nedra», 272. (In Russ.)
23. Wan, M. (2011). *Time series and spatial dimension studies*. Beijing: Capital University of Economics, 148. (In Chin.) 王玛妮 (2011). 时间序列和空间维度研究. 北京: 首都经济大学, 148.
24. Lin, H. (2005). *Investigation of a method for modeling non-stationary time series*. Wuhan: Wuhan University of Technology, 72. (In Chin.) 林慧 (2005). 对非平稳时间序列建模方法的研究. 武汉: 武汉理工大学, 72.
25. Yu, C. (2014). *A Study on Estimating the Parameters of a Time Series Model Based on a Sustainable Distribution*. Harbin: Harbin University of Science and Technology, 56. (In Chin.) 于成秀 (2014). 基于稳定分布的时间序列模型参数估计的研究. 哈尔滨: 哈尔滨科技大学, 56. (In Chin.)
26. Zhu, J. (2010). *Distribution Characteristics and Time Series Forecasting*. Nanjing: Nanjing University of Information Technology, 52. 朱佳 (2010). 时间序列的分布特征和预测. 南京: 南京信息工程大学, 52.

Информация об авторах

Семьячков Александр Иванович — доктор геолого-минералогических наук, профессор, руководитель Центра природопользования и геоэкологии, Институт экономики УрО РАН, <https://orcid.org/0000-0002-3352-2863> (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29; e-mail: a.semyachkov@mail.ru).

Гао Жун — аспирант, Институт экономики УрО РАН; <https://orcid.org/0000-0002-7642-2053> (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29; e-mail: 1074075690@qq.com).

Атаманова Елена Александровна — кандидат экономических наук, научный сотрудник Центра природопользования и геоэкологии, Институт экономики УрО РАН, <https://orcid.org/0000-0003-1249-5226> (Российская Федерация, 620014, г. Екатеринбург, ул. Московская, 29; e-mail: elataman@mail.ru).

About the authors

Aleksandr I. Semyachkov — Dr. Sci. (Geo.-Min.), Professor, Head of the Nature Management and Geocology Center, Institute of Economics The Ural Branch of RAS; <https://orcid.org/0000-0002-3352-2863> (29, Moskovskaya St., Ekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: a.semyachkov@mail.ru).

Rong Gao — PhD Student, Institute of Economics of the Ural Branch of RAS; <https://orcid.org/0000-0002-7642-2053> (29, Moskovskaya St., Ekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: 1074075690@qq.com).

Elena A. Atamanova — Cand. Sci. (Econ.), Research Associate, Nature Management and Geocology Center, Institute of Economics of the Ural Branch of RAS; <https://orcid.org/0000-0003-1249-5226> (29, Moskovskaya St., Ekaterinburg, 620014, Russian Federation; e-mail: elataman@mail.ru).

Дата поступления рукописи: 01.10.2020.

Прошла рецензирование: 09.11.2020.

Принято решение о публикации: 23.03.2021.

Received: 01 Oct 2020

Reviewed: 09 Nov 2020

Accepted: 23 Mar 2021