

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра физической географии и ландшафтной экологии

**Миграционная структура поверхностного гидрохимического стока  
в Кировском районе г. Саратова**

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

студента 4 курса 441 группы \_\_\_\_\_

направления 05.03.06 Экология и природопользование

\_\_\_\_\_ географического факультета

\_\_\_\_\_ Мироевского Всеволода Игоревича

Научный руководитель

доцент, к.г.н.

Л.Ю. Горшкова

Зав. кафедрой

профессор, д.г.н.

В.З. Макаров

Саратов 2020

**Введение.** На сегодняшний день во многих городах Российской Федерации происходит загрязнение окружающей среды, в том числе в результате миграции водных потоков, на которые оказывают воздействие механические барьеры и канализационная сеть. Это все происходит и в г. Саратове.

**Цель и задачи работы.** Цель выпускной квалификационной работы - анализ перераспределения поверхностного гидрохимического стока под влиянием механических барьеров на территории Кировского района г. Саратова.

В рамках работы необходимо было решить следующие задачи:

- ознакомиться с физико-географической характеристикой района;
- проанализировать функциональную структуру территории района;
- построить карту естественных миграционных потоков;
- определить факторы, влияющие на структуру миграционных потоков в городе;
- выявить точки пересечения естественных миграционных потоков и механических барьеров;
- рассчитать коэффициенты отклонения миграционных потоков под влиянием механических барьеров и составить соответствующие карты;
- выяснить расположение водоприемников, измерить их расстояние от ближайшего механического барьера и оценить их функциональное состояние;
- создать карту функционального состояния водоприемников на участке исследования района;
- составить и проанализировать карту соотношения путей естественных и измененных миграционных потоков.

**Фактический материал и методы исследования.** В основу работы положены научные труды отечественных авторов (Н.С. Касимова, М.А. Глазовской, К.Н. Дьяконова, А.Д. Арманда и других ученых), научные статьи, материалы конференций, Internet-источники, кандидатская диссертация, фондовые материалы лаборатории урбоэкологии и регионального анализа

географического факультета СГУ, личные расчеты, измерения, записи и наблюдения.

Чтобы добиться поставленных цели и задач, применялись различные методы, а именно: изучение литературных и картографических источников, Internet-ресурсов, сравнительно-аналитический, описание, математические расчеты и измерения, картографический, инструментальный, маршрутные исследования. Также в процессе работы использовались несколько программ: MapInfo Professional, MBRuler, Microsoft Office Excel.

**Апробация работы.** Материалы данной работы были представлены на ежегодной научной студенческой конференции географического факультета в апреле 2019 года, где автор занял одно из призовых мест, а также 26 мая 2020 года - на V научно-практической студенческой конференции «Science Kaleidoscope», проводимой факультетом иностранных языков и лингводидактики СГУ.

В рамках данной темы опубликована статья: Картографирование и анализ функциональной структуры Кировского района г. Саратова для оценки потенциального геохимического загрязнения его территории // Международная научно-практическая конференция «Глобальные вызовы развития естественных и технических наук», 29 ноября 2018. С. 112-115 (соавторы: Л.Ю. Горшкова, А.Э. Бендра).

**Структура и объем работы.** Бакалаврская работа общим объемом 93 страницы состоит из введения, 3 разделов, заключения, списка использованных источников (83 наименования) и 9 приложений, включающих 7 цветных компьютерных карт и 2 таблицы, одна из которых – со значениями углов пересечения и коэффициентов отклонения миграционных потоков, вторая – с данными по водоприемникам и оценкой их функционального состояния.

### **Основное содержание работы.**

**1 Методы оценки экологического состояния урбанизированных территорий.** Экологическая обстановка территории может быть оценена различными методами, подходами. Одним из них является ландшафтно-

геохимический, позволяющий оценить потоки веществ различных форм в пределах ландшафтов и между геосистемами на различных уровнях (Дьяконов К.Н., Касимов Н.С., Тикунов В.С., 1996).

Методика геохимии ландшафтов начала применяться с целью защиты окружающей среды с середины второй половины 20-ого века. Свое развитие она получила и в городах, где значительная техногенная нагрузка в связи с большим расположением источников загрязнения. С их помощью оценивается воздействие техногенеза на окружающую среду и здоровье человека, создаются карты, определяются геохимические барьеры и аномалии, вещественно-количественный состав химических элементов почв, водотоков, осадков, грунтовых вод, снежного покрова (Дьяконов К.Н., Касимов Н.С., Тикунов В.С., 1996; Глазовская М.А., 1988; Руш Е.А., 2006).

Среди всех методов наиболее значимыми являются метод кларка, метод изучения радиальной и латеральной структуры ландшафта и сопряженный анализ поведения химических элементов между компонентами и подсистемами ландшафтов (Дьяконов К.Н., Касимов Н.С., Тикунов В.С., 1996; Руш Е.А., 2006).

Метод кларка позволяет оценить распространение химических элементов в ландшафте за счет чего стал весьма часто используемым. В пределах города особое внимание уделяют кларкам гидросферы, биосферы и литосферы, которые по своему масштабу могут относиться к локальным, региональным и глобальным (Дьяконов К.Н., Касимов Н.С., Тикунов В.С., 1996).

В процессе становления данного метода выяснилось, что содержание химических элементов в изучаемом объекте зачастую противоречит его кларку. В этой связи В.И. Вернадским был предложен термин кларк концентрации, определяющий отношение содержания элемента в компоненте геосферы к его кларку (Дьяконов К.Н., Касимов Н.С., Тикунов В.С., 1996; Ермакова А.А., Зассев Г.З., 2010):  $KK = C_i/K$ . В случае, когда значение кларка заметно выше, то применяют кларк рассеивания:  $KP = K/C_i$ . Для обоих отношений значение не может быть меньше нуля, а при единице соответствует содержанию кларка.

Однозначными плюсами данного метода являются массовость и сопоставимость, минусами – обобщенность информации и отсутствие целостного подхода к изучению таких сложных геосистем, как, например, город (Дьяконов К.Н., Касимов Н.С., Тикунов В.С., 1996).

Также развитие получил метод изучения радиальной и латеральной структуры ландшафта или метод фоновой геохимической структуры. Данная структура включает в себя как радиальную или вертикальную дифференциацию элементов, так и латеральную или же горизонтальную (Дьяконов К.Н., Касимов Н.С., Тикунов В.С., 1996; Чертко Н.К., Кирпиченко А.А., 2011).

В первом случае изучают миграционную взаимосвязь подсистем ландшафтов вертикально характера, а во втором - ландшафтно-геохимические катены. При этом используются различные коэффициенты (Дьяконов К.Н., Касимов Н.С., Тикунов В.С., 1996; Касимов Н.С. и др., 2009; Кривошеев А.Н., Крылова О.И., 2016).

Рассмотренный метод является фундаментальным, но при исследовании городских систем применяется редко (Дьяконов К.Н., Касимов Н.С., Тикунов В.С., 1996).

Самым же существенным методом при изучении городской среды является сопряженный анализ поведения химических элементов между компонентами и подсистемами ландшафта, позволяющий оценить дифференциацию элементов в различных ландшафтах и состав депонирующих поверхностей: снежного покрова, почв, мхов, лишайников, древесной растительности, волос и др. Также изучается состав и расположение геохимических аномалий, что может помочь при выяснении источника загрязнения (Дьяконов К.Н., Касимов Н.С., Тикунов В.С., 1996).

**2 Выявление перераспределения поверхностного гидрохимического стока как неотъемлемая составная часть оценки экологического состояния городской территории.** В пределах сложной городской системы происходит усиленная миграция химических элементов в результате серьезной геохимической нагрузки. Также изменяется и структура миграционных

потоков, зависящая как от техногенных, так и от природно-антропогенных факторов (Касимов Н.С., 2013).

Застройка является характерной чертой городской среды. Она представляется механическим барьером, как для водных, так и для воздушных потоков, что провоцирует их отклонение или же застаивание. При ее росте увеличивается поток поллютантов, который в городской среде может интенсивно накапливаться. Одним из элементов очищения такой системы является растительность, но она зачастую не может справиться с возложенной на нее нагрузкой (Касимов Н.С., 2013; Попова Л.Ф., Пилюгина М.В., 2009; Михайлова Т.А., Шергина О.В., 2011).

Важным фактором, влияющим на миграционные потоки, являются отклоняющиеся от норм геохимические аномалии. Различают атмо-, гидро- и литохимические аномалии, каждая из которых имеет свою специфику. С последней аномалией тесно связан механический состав грунтов, который при инфильтрации провоцирует появление литохимической аномалии, а в обратном случае усиливает скорость водного потока (Алексеенко В.А., Алексеенко А.В., 2013).

На скорость потока влияет и рельеф местности, а в частности, углы наклона и характер подстилающей поверхности. В пределах города асфальт значительно увеличивает скорость потока, а в случае котловинного характера местности возможно повышенная концентрация загрязнения.

Все перечисленные факторы приводят к перераспределению поверхностного гидрохимического стока в городе, состоящего из хозяйственно-бытовых, промышленных и дождевых (ливневых) вод (Саэт Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др., 1990). В рамках нашего исследования нам интересны были, в первую очередь, ливневые воды, хотя на улицах в результате аварии могут оказаться и бытовые, для которых свойственно органно-минеральное загрязнение.

Дождевые воды, которые включают в себя снеговые и поливомоечные, имеют разнообразный вещественный состав, зависящий от режима таяния

снега, общей экологической обстановки в городе, смыва почв и др. Более всего загрязнен сток вблизи автомагистралей, промышленных предприятий и других техногенных объектов (Саев Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др., 1990; Касимов Н.С. и др., 2016).

Поверхностный сток содержит в себе много пыли, аэрозолей, техногенных элементов, которые часто осаждаются в подчиненных ландшафтах. Только для городских ливневых вод свойственно наличие синтетических загрязнителей. При высокой «запечатанности» ухудшается водно-воздушный режим. При сорбции воды у растений может появиться хлороз и некроз. В почвах, помимо вещественного состава, изменяются физико-химические свойства. При плохом дренаже на участках с высоким уровнем почвенно-грунтовых вод возможно подтопление территории (Касимов Н.С., 2013; Касимов Н.С. и др., 2016; Автушко М.И., Жукова Л.В., 2007).

Для снеговых вод свойственна высокая доля органических соединений, солей в своем составе. Почвы под их влиянием подщелачиваются, у них меняется класс водной миграции. Растительность угнетается из-за смены содержания химических элементов (Касимов Н.С., 2013; Автушко М.И., Жукова Л.В., 2007).

Поливомоечные воды приводят к загрязнению выращиваемых культур в частном секторе городов, а также негативно влияют на состояние почв и мезофауны потоки с автомоек (Юдина Н.В., Кравчук Е.А., 2017; Сорокина М.А., 2017; Чайка Л.В., 2019).

Выявление реальных путей водных потоков поможет оптимизировать систему ливневой канализации и способствовать разработке мероприятий по улучшению состояния городской среды.

**3 Анализ путей миграционных потоков на территории Кировского района г. Саратова.** Кировский район расположен в центре Саратова. Его площадь – 33,05 км<sup>2</sup>. В пределах его территории весьма разнообразен состав почвообразующих пород. Рельеф преимущественно равнинный с вертикальным расчленением не более 30 метров. В юго-западной части расположены крутые

склоны Лысогорского плато, где и находится наивысшая точка местности – 280 метров (Горшкова Л.Ю., 2002; Топографическая карта Кировского района).

Согласно Л.С. Бергу, климат Саратова относится к степному умеренного пояса. Удаленность от океана, экватора, особенности циркуляции и техногенная нагрузка накладывают свой отпечаток на формирование климата. Особенностью района является отсутствие выхода к Волге. Почти весь почвенный покров слагают урбаноземы. Фауна и флора являются типично городскими. Ландшафтная структура района представлена на юго-западе Лысогорской, в центре Северной приволжско-котловинной, на севере Гусельской и Соколовогорской местностью (Бобров Г.П., 2002; Макаров В.З. и др., 2014).

Функциональная структура Кировского района достаточно разнообразна. Транспортная сеть и городская застройка территории, служащие механическими барьерами на пути миграционных потоков загрязняющих веществ, модифицируют структуру поверхностного стока, создавая условия для подтопления, линейной эрозии, застоя воды (Горшкова Л.Ю., Бендра А.Э., Мироевский В.И., 2018).

В целях данного исследования вначале была создана карта восстановленных путей миграционных потоков. Далее, для достижения более достоверных результатов работа проводилась в крупном масштабе на участке, ограниченном улицами Московская, им. Ст. Разина, 1-ая Соборная и Мясницкая. С помощью программы MB-Ruler в 122 точках пересечения потоков и барьеров были рассчитаны углы отклонения, значения которых уменьшаются с запада на восток с абсолютным минимумом на юго-востоке ( $8,15^\circ$ ), что видно на построенной и представленной в работе одноименной карте.

Изначально изменение потока определялось с помощью следующей формулы:  $y=1/(\cos \alpha + \tan \alpha)$ , где  $y$  – значение коэффициента отклонения потока,  $\alpha$  – угол пересечения миграционного потока и механического барьера. По полученным данным также была составлена карта распределения значений

коэффициента отклонения №1. Однако расчет подобным образом оказался несовершенным из-за получения одних и тех же значений при угле менее и более  $45^\circ$ . Дальнейшие подсчеты велись с помощью формулы обратной зависимости, взятой из методики А.Д. Арманды (1992):  $y=1-x/90$ , где  $y$  был назван коэффициентом отклонения №2 ( $K_{o2}$ ). При таком подходе значения имели обратную зависимость с углом пересечения потока и барьера: при угле в  $90^\circ$   $K_{o2} = 0$ , а при  $0^\circ$   $K_{o2} = 1$ . По выявленным данным составлена карта распределения значений коэффициента отклонения №2, где видно, что наибольшая механодеструкция происходит в центре и на западе, а наименьшая – на юго-востоке, севере и местами в центральной и восточной части данного участка. Помимо этого, на созданной диаграмме (рисунок) видно, что более 50% столкновений приходится на коэффициент менее 0,2 единиц, что говорит о высокой степени блокирования и изменения потока. При этом значения коэффициентов более 0,7 единиц соответствует лишь 7%, что говорит о низком соответствии направлении потока и барьера.

Для составления итоговой карты «Соотношение путей естественных и деформированных путей миграционных потоков на территории Кировского района» необходимо было проанализировать ливневую канализацию исследуемого участка. Ливневая канализация предназначена для разгрузки водного потока и отвода вод за пределы городских территорий.

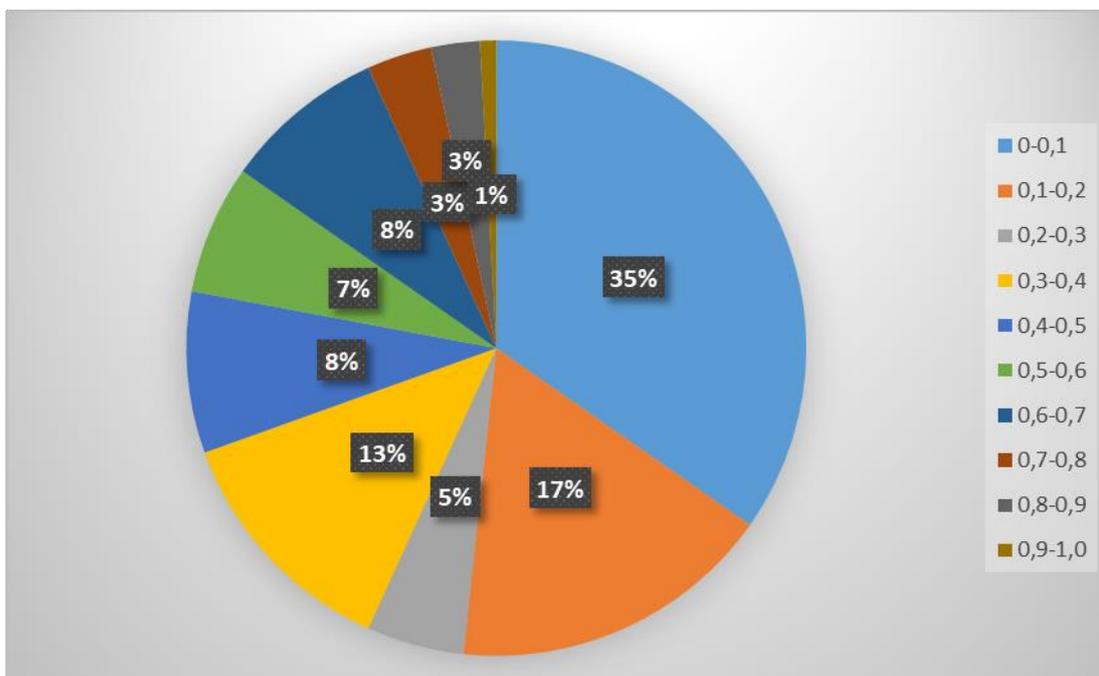


Рисунок – Относительный вес значений  $Co_2$  (составлено автором)

Из всех элементов канализационной сети нас интересовали водоприемники (дождеприемники), представляющие собой элементы точечного водосбора, снижающие объемы водного стока и вероятность возникновения процесса линейной эрозии, подтопления территории, перенасыщение почв и грунтов.

На исследуемой территории в ходе маршрутных наблюдений было выявлено 126 водоприемников, среди которых 68 отлично функционируют, 53 – не в полной мере, а 4 полностью засорены. Функциональное состояние определялось по уровню засоренности колодцев, решеток и расстоянию от бордюров более или менее 1 метра. Также были измерены размеры решеток, пазов и перегородок. По полученным данным была составлена карта функционального состояния водоприемников на территории Кировского района г. Саратова, на которой видно, что частично работающие дождеприемники преобладают в северо-восточной и восточной части, в частности, их много на ул. Симбирская. Эти элементы водосбора не способны остановить мощные потоки.

Водоприемники в должном состоянии расположены в юго-восточной и южной части, в основном, на улицах Кутякова и М. Горького, где разгружаться могут даже мощные потоки. Засоренные водоприемники разбросаны по разным участкам района. Стоит отметить также, что в процессе выполнения работы выявились несоответствия сетей канализации, представленных на генеральном плане системы водоотведения с реальным положением водоприемников.

В процессе составления итоговой карты соотношения путей естественных и деформированных путей миграционных потоков на территории Кировского района учитывались значения  $K_{02}$ , функциональное состояние водоприемников и влияние дополнительных факторов.

Миграционная структура изменяется неодинаково. Было выявлено, что происходит блокирование деформированных потоков, что свойственно внутриквартальным участкам, коих много между улицами Зарубина и Посадского, на территории, окруженной улицами Московская, Астраханская, Кутякова и Рахова. В пределах ул. Астраханской насыпные грунты обусловили застой потоков с улиц Посадского, Зарубина и Кутякова. Слияние потоков лучше всего прослеживается по улицам Б. Горная и Посадского. На севере района отмечается слабая деформация потоков, поскольку механические барьеры представлены одноэтажной застройкой частного сектора.

Что касается влияния водоприемников, то преимущественно в восточной и северо-восточной части разгрузка потока незначительная. На улицах Кутякова, Симбирская и М. Горького сохраняются потоки средней мощности. Потоки малой мощности расположены на южной и юго-восточной территории по улицам Чапаева, Вольская и др. Самые мощные потоки проходят там, где дождеприемников нет, а именно по улицам Б. Горная, Посадского, Рахова, Хвалынская и др.

Получается, что разгрузка потоков в центральной и западной части значительно хуже, чем в восточной и южной. Преобладание в составе почвообразующих пород суглинков может привести к возникновению гидрохимической аномалии.

**Заключение.** Проведенная работа позволила сделать следующие основные выводы:

- На структуру миграционных потоков оказывают воздействие, как техногенные факторы, так и природные или природно-антропогенные.
- Функциональная структура Кировского района разнообразна. Здесь механическими барьерами служат одноэтажные и многоэтажные здания, садово-парковые участки, заборы, бордюры, гаражи, промышленные предприятия и т.д.
- Анализ итоговой карты наглядно показал, что неоднородность городского ландшафта накладывает отпечаток на структуру поверхностного гидрохимического стока; водные поверхностные миграционные потоки ведут себя неоднозначно и приобретают более упрощенное, геометризованное обличье, т.е. отличное от естественного.
- Для потоков на исследуемой территории свойственно застаивание, блокирование и слияние, а в северной части территории - относительно свободная миграция водного потока.
- Водоприемники расположены преимущественно в восточной, юго-восточной и южной частях территории, хотя весьма мощные потоки протекают и в центральной части. Поскольку здесь проведена канализационная сеть, было бы эффективно соорудить дополнительные дождеприемники на ряде улиц, например, на ул. Б. Горная или ул. Посадского.
- Реальная картина направления гидрохимического стока может помочь в усовершенствовании системы городской ливневой канализации, которая имеет свои изъяны: засоренность водоприемников, их отсутствие или ненужность, несоответствие плана системы водоотведения с реальным состоянием канализационной сети.