

В.В. ТОЛМАЧЁВ

*Кандидат технических наук, директор по научной работе
ОАО «Противокарстовая и береговая защита» (Дзержинск)
Тел. (8313)222959, e-mail: altolm@sinn.ru*

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ИНЖЕНЕРНОГО КАРСТОВЕДЕНИЯ В СВЕТЕ ИДЕЙ И РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ СВОИХ КОЛЛЕГ

Проблемами инженерного карстования я занимался около полувека и за это время познакомился со многими интересными людьми, талантливыми исследователями, инженерами и практиками, оказавшими большое влияние на развитие инженерного карстования, а также на мою жизнь в науке. Коротко расскажу о некоторых из них.

В 1955 – 60 гг. я учился на строительном факультете Московского института инженеров железнодорожного транспорта (МИИТ), где нам преподавали такие выдающиеся **Инженеры**, как Е.И. Медков, А.И. Ионнисян, Г.М. Шахунянц, Т.Г. Яковлева. Лекции этих и других профессоров оказали значительное влияние на моё «инженерное мировоззрение» в карстологии.

Г.М. Шахунянц (ГМШ) ещё в 1953 г. опубликовал оригинальную методику формирования провала над карстовой полостью. Методика была апробирована **Т.Г. Яковлевой** (1960) применительно к конкретным достаточно простым инженерно-геологическим условиям. Несмотря на то, что эта методика базируется на некоторой идеализированной схеме (особенно в части получения исходных данных на практике), она может служить и в настоящее время основой для совершенствования прогностических методик, в том числе с использованием стохастических закономерностей карстового процесса. Наиболее практичным элементом методики оказалась расчётная модель круглоцилиндрического провала. К сожалению, многим карстооведам эта работа **ГМШ** не была известна. Я посчитал своим долгом через публикации основных решений методики и использования их на конкретных объектах довести её до исследователей и инженеров (Толмачёв, 1986; Толмачёв, Максимова, 2008; Дублянский и др., 2011). **ГМШ** в своём генеральном докладе на Горьковском совещании по проектированию, строительству земляного полотна в карстовых районах (1965) достаточно много внимания уделил стохастическим методам прогноза карстовой опасности, показав их принципиальную важность для принятия инженерных решений. В дальнейшем он активно поддерживал меня в моих попытках развивать эти методы. В своей научной и инженерной деятельности **ГМШ** неоднократно обращался к проблемам инженерного карстования. Анализ его деятельности в этом направлении я попытался осветить в докладе на конференции, посвящённой 100-летию со дня рождения **ГМШ** (Толмачёв, 2004).

После окончания МИИТа я начал работать на Горьковской ж. д. Уже тогда по нескольким известным мне «карстовым» ситуациям мне стало понятно, что карстовая проблема для железной дороги является актуальной и, в то же время, весьма слабо разработанной. Среди этих ситуаций назову следующие:

Первая ситуация. Зимой 1960 г. на участке Москва – Горький (вблизи г. Дзержинска) вследствие образования карстового провала произошёл сход с рельсов грузового поезда. Для разработки рекомендаций по обеспечению безопасности была создана специальная комиссия МПС, которую возглавил Г.М. Шахунянц. В числе противокарстовых мероприятий были названы следующие: оценка карстоопасности участка протяжённостью 30 км, тампонаж обнаруженных опасных полостей, усиление верхнего строения пути, устройство линейной оповестительно-заградительной сигнализации. В проектировании и обосновании этих мероприятий активно принимал участие ведущий геолог дороги **Е.И. Буйнаков**, с которым я плодотворно сотрудничал.

Разработанные рекомендации по противокарстовой защите в той или иной мере выполняются до настоящего времени, а тампонаж полостей практически непрерывно ведётся почти полвека! По сути, можно считать, что проводится уникальный многолетний геотехнический эксперимент. *(Естественно, напрашивается вопрос – ДОКОЛЕ? К сожалению, при практической реализации этих и некоторых других рекомендаций по противокарстовой защите допускаются принципиальные ошибки, которые иногда искажают смысл противокарстовых мероприятий).*

Вторая ситуация. В 1963 г. было начато строительство уникального инженерного сооружения – двухъярусного железнодорожно-автомобильного моста через Волгу вблизи Горького. При погружении глубоких свай под несколькими опорами моста неожиданно были встречены небольшие карстовые полости и разуплотнённые зоны в карбонатных породах. Такое положение проектировщиками было признано недопустимым. В связи с этим было принято решение о локальном закреплении карстующихся пород цементно-песчаным раствором непосредственно на месте расположения фундаментов опор. До реализации этих мероприятий строительство опор моста было приостановлено на несколько месяцев. *(Думаю, что такой подход был правильным. Мост успешно эксплуатируется уже в течение полувека. Однако, именно сейчас необходима организация специального контроля состояния основания с учётом стратегического значения сооружения).*

Третья ситуация. В 1962-64 гг. Средневолжским геологическим управлением впервые на закарстованном участке ст. Сейма – ст. Доскино были проведены достаточно детальные инженерно-геологические изыскания под руководством **Л.А. Дычаковской-Леоненко**. Работая в то время инженером службы пути Горьковской ж.д., мне пришлось принимать отчёт по этим изысканиям. По моему мнению, отчёт был выполнен весьма добротнo, хотя и в недостаточной мере в нём была учтена специфика железнодорожного пути (в основном, по вине заказчика – Горьковской ж.д.). *(Позднее я пришёл к выводу, что серьёзным тормозом в развитии инженерного карстоведения, а также причиной аварийных ситуаций является именно слабое взаимодействие инженеров и геологов).*

Четвёртая ситуация. По моей инициативе в 1964-65 гг. был проведён контроль качества заполнения одной из карстовых полостей, тампонирующая которой было проведено два года назад (в 1963 г.). К сожалению, в полости не

было обнаружено проектного объёма цементного камня. По этому факту можно было судить, что методика тампонажа карстовых полостей, мягко говоря, далека от совершенства и требует проведения специального научно-технического обоснования. Однако странной была реакция некоторых руководителей Горьковской ж. д. – они решили впредь не проводить подобный контроль качества тампонажа! *(В дальнейшем я неоднократно встречался с подобной психологией чиновников. Именно такая психология служила причиной многих аварий).*

Эти и другие «карстовые» ситуации вызвали мой интерес к карсту и определили мою научную карьеру. В 1965 г. по приглашению проф. Г.М. Шахунянца я поступил к нему в аспирантуру. Однако он принял меня «под своё крыло» лишь при условии, если тема моей будущей диссертации будет связана с оценкой карстовой опасности для железнодорожного пути. Конечно, я согласился, хотя о карсте знал на уровне студента второго курса МИИТ и клерка службы пути дороги.

Вскоре после поступления в аспирантуру ГМШ привлёк меня к организации крупного научно-технического совещания «Проектирование, строительство и эксплуатация земляного полотна в карстовых районах» (Горький, 1965). Хотя эта работа отбирала у меня много времени, но зато она позволила мне в минимальный срок понять как состояние развития инженерного карстоведения, так и основные задачи, требующие научных разработок. Это нашло отражение в «Решении совещания», в составлении проекта которого я совместно с ГМШ принимал участие. *(Думаю, что ГМШ был доволен моей работой, что, вероятно, позволило ему выдать мне своеобразный «карт-блани» при работе над диссертацией - результаты работы мы кратко обсуждали не чаще одного раза в год).*

При организации и проведении совещания мне удалось познакомиться с такими ведущими исследователями карстоведения, как **Г.А. Максимович** (Пермский университет), **А.В. Ступишин** (Казанский университет), **М.С. Газизов** (Институт Горного дела), **И.А. Саваренский**, (ПНИИИС), **А.Н. Ильин** (Дзержинская карстовая станция ПНИИИС), **В.С. Лукин**, **А.В. Турышев** (Кунгурский карстовый стационар АН СССР), **Л.А. Молоков** (Гидропроект), а также с интересными инженерами-практиками. Позднее я имел с некоторыми из них регулярные контакты и плодотворные дискуссии. Во многом это определило направленность моих исследований.

Позволю кратко охарактеризовать вклад некоторых из названных исследователей в развитие инженерного карстоведения.

Г.А. Максимович является признанным основателем карстоведения в Советском Союзе. Он - автор известной монографии «Основы карстоведения» (1963). На Молотовской карстовой конференции 1947 г. Г.А. Максимович ввёл понятие «инженерное карстоведение» и обосновал его основные задачи. В его многочисленных публикациях имеется немало интересных разработок, относящихся именно к инженерному карстоведению. В частности, предложенная им в 1961 г. классификация провалоопасных территорий по

частоте образования провалов выгодно отличается от других такого рода классификаций, например, З.А. Макеева (1948) и И.А. Саваренского (1967).

М.С. Газизов (1968) сделал попытку использования результатов исследований, выполненных для решения задач в горном деле, для прогноза устойчивости кровли карстовых полостей и размеров карстовых форм на земной поверхности. Несмотря на то, что были получены интересные решения, они вряд ли могут быть непосредственно использованы в практике прогнозирования карстоопасности в силу ряда причин: (1) искусственные горные выработки созданы за относительно короткое «инженерное» время, а естественные карстовые полости постепенно развиваются в геологическом масштабе времени; (2) в формировании деформаций в кровле подземных полостей и вышележащей толщии роль случайных факторов для карстовых полостей более значительна, чем для горных выработок; (3) в отличие от горных выработок точные формы и размеры карстовых полостей, а также состояние их кровли оценить в процессе изысканий практически невозможно. Тем не менее, отдельные закономерности сдвижения пород над горными выработками целесообразно использовать при решении задач инженерного карстования, например, при тампонаже карстовых полостей искусственными материалами, в организации моделирования сдвижения пород над полостями.

И.А. Саваренский (ИА) является одним из основоположников инженерного карстования в нашей стране. Основными направлениями его деятельности были следующие: оценка карстовой опасности для целей строительства, методика проведения изысканий в карстовых районах и разработка соответствующих нормативно-методических документов. Этим вопросам он посвятил всю свою жизнь. **ИА** был одним из организаторов Дзержинской карстовой станции. Карстовый район г. Дзержинска всегда был базовой территорией его исследований. В пятидесятых годах он провёл уникальные работы по детальной карстологической съёмке этой территории, детально обследовав около 3500 поверхностных карстопроявлений. Эти работы послужили основой для оценки «устойчивости» территории относительно карстовых провалов на площади около 280 кв. км. **ИА** первым стал строить эмпирические распределения диаметров карстовых воронок и вновь образовавшихся провалов. Результаты этих работ в будущем послужили базой для выявления практически значимых стохастических закономерностей провалообразования (Саваренский, 2004; Толмачёв, 1970, 1980, 1986, 1990). Под его руководством были проведены полевые работы во многих карстовых регионах СССР, целью которых являлось выявление особенностей инженерно-геологических условий строительного освоения территорий. Им было создано два методических документа: «Рекомендации по инженерно-геологическим изысканиям и оценке территорий в карстовых районах СССР» (1967) и «Рекомендации по проектированию зданий и сооружений в карстовых районах СССР» (1967). К разработке последнего документа **ИА** привлёк инж. **В.В. Пушкарёва**, который много сделал в методологии расчёта и проектирования противокарстовых конструкций. Я могу утверждать, что создание такого рода документов было осуществлено впервые в мире. Они

послужили основой для разработки более поздних нормативных и методических документов. В короткой статье невозможно перечислить все идеи и результаты исследований **ИА**. К сожалению, многие из них остались неопубликованными. *(Из этого и других фактов я пришёл к выводу, что очень важно публиковать не только результаты исследований, но и сами идеи. Без этого развитие нашей науки замедляется, так как идеи часто уходят вместе с их создателями).*

С **А.Н Ильиным** (АН) я сотрудничал более 40 лет. Он руководил Дзержинской карстовой станцией (лабораторией) около 35 лет. По своим научным интересам **АН** был склонен к региональным исследованиям. Под его руководством были проведены карстологические полевые исследования в Нижегородской, Владимирской, Рязанской, Самарской областях, в Марийской, Чувашской, Татарской, Башкирской республиках и других регионах Советского Союза. На их основе были разработаны мелкомасштабные карты районирования по условиям развития карста на этих территориях с практическими рекомендациями по строительному освоению. Карты до сих пор используются нами в практической деятельности. **АН** был мудрым руководителем – он создал такие условия, когда в карстовой лаборатории процветали не только любимые им региональные исследования, но и развивались другие направления инженерного карстоведения, в частности, вероятностно-статистические методы прогноза карстовой опасности, экспериментальное моделирование провалообразования в лабораторных условиях, разработка методических документов строительства и др.

Большое влияние на моё научное мировоззрение при исследовании проблем инженерного карстоведения оказал **В.С. Лукин**. В 1966 г. я, по совету Г.М. Шахунянца, посетил Кунгурский карстовый стационар, где ознакомился с деятельностью этой уникальной научной организации и имел плодотворные беседы с **ВС**. В дальнейшем наши встречи регулярно продолжались. **ВС** имел оригинальные суждения по многим вопросам инженерного карстоведения, в частности, по закономерностям формирования подземных и поверхностных карстопроявлений, оценки карстовой опасности, принципам проведения инженерных изысканий и противокарстовой защиты. В основе его умозаключений преобладали его натурные наблюдения за природными явлениями на закарстованных территориях. Это является одной из причин того, что ему удалось избежать чрезмерно упрощённых формальных схем в прогнозах карстовой опасности. В 2009 г. мною была опубликована статья «Вопросы инженерного карстоведения в трудах В.С. Лукина».

В 1971 – 77 гг. я работал на кафедре городского строительства Горьковского инженерно-строительного института (ГИСИ). Здесь в рамках студенческого научного общества я привлёк несколько студентов к решению отдельных вопросов строительства на закарстованных территориях. Наиболее тесный контакт у меня сложился с В.В. Савиным, В.Л. Беляевым и Е.Г. Карповым.

В.В. Савин исследовал вопросы проектирования автомобильных дорог в карстовых районах. Результаты этих исследований он опубликовал в журналах «Автомобильные дороги» (1978) и «Транспортное строительство» (1982). В

дальнейшем он продолжил эти исследования в СоюздорНИИ. Здесь он много внимания уделил закономерностям образования карстовых провалов с использованием экспериментальных и расчётно-теоретических методов.

В.Л. Беляев разрабатывал вопросы, связанные с обоснованием архитектурно-планировочных решений при освоении закарстованных территорий. Эти вопросы были для него актуальны, так как с ними он постоянно сталкивался в своей практической деятельности, занимая руководящие должности в Управлении архитектуры и градостроительства и Земельном комитете г. Дзержинска. По его инициативе в Дзержинске была создана вневедомственная противокарстовая комиссия, деятельность которой всегда позволяла находить оптимальные решения. **ВЛ** (под руководством В.В. Хоменко) провёл экспериментальное изучение механизма влияния утечек из водонесущих коммуникаций на активизацию карстово-суффозионных процессов. Основные результаты его исследований были опубликованы в журнале «Инженерная геология» (1982, 1990) и в ряде других изданий.

Е.Г. Карпов сразу после окончания ГИСИ стал работать в Дзержинской карстовой лаборатории (ДКЛ). Он был пытливым и трудолюбивым исследователем. Его интересовали многие направления в инженерном карстоведении (механизм карстовых деформаций, вероятностные методы оценки карстоопасности, особенности проведения инженерных изысканий для оценки карстоопасности и определения способов противокарстовой защиты применительно к различным сооружениям). Он по существу проникся принципами геотехнической системы «Карст – Сооружение» и практически пытался реализовать её в своей работе, в частности, при подготовке заключений. Почти каждое его заключение можно считать небольшой исследовательской работой. За два года его работы им было опубликовано 12 статей, в т.ч. в центральных журналах «Строительство трубопроводов (1980), «Инженерная геология» (1982, 1983). Совместно со мной он принял участие в подготовке брошюры, освещающей опыт инженерного карстоведения в зарубежных странах (1980). К сожалению, нелепый случай оборвал жизнь этого яркого исследователя.

В.Б. Сорокина, также выпускница ГИСИ, перешла в ДКЛ после двух лет работы в проектной организации. Она достаточно быстро поняла принципы системы «Карст – Сооружение» и основанные на ней подходы при оценке карстовой опасности и обосновании способов противокарстовой защиты.

Отдельные результаты вышеназванных молодых исследователей были включены в монографию «Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий» (1986).

(Здесь хочется сделать одно замечание. Внедрение в практику системы «Карст – Сооружение» является наиболее плодотворной, если реализация этого системного подхода осуществляется при обязательном и равноправном участии геологов и инженеров-строителей).

Весьма плодотворными оказались исследования **Е.В. Копосова**, (выпускника Казанского университета, ныне ректора Нижегородского архитектурно-строительного университета). В частности, он провёл уникальные исследования

по оценке возраста карстовых воронок. Для решения этой важной проблемы им был организован специальный полигон в карстовом районе г. Ворсмы. В дальнейшем эти работы переросли в серьёзные исследования по геоэкологическим проблемам карста, которые стали основой докторской диссертацией «Методология обеспечения экологически безопасного освоения природных ресурсов закарстованных территорий». *(По моему мнению, эта работа является основой по реализации принципа ООН так называемого «устойчивого», или «поддерживаемого» развития карстовых районов).*

В начале восьмидесятых годов в ДКЛ была разработана программа экспериментального моделирования образования карстовых провалов. Она предполагала выполнение работ по следующим четырём направлениям:

(1) Изучение закономерностей деформирования непосредственной кровли карстовых полостей с использованием метода эквивалентных материалов. Это исследование проводилось при активном участии **Р.Б. Давыдько**. Он несколько раз побывал в Институте горного дела АН СССР, где изучал опыт использования этого метода. Для сравнения закономерностей деформирования кровли полостей, полученных на лабораторном стенде, с натурными данными, была организована экспедиция дзержинских карстоведов (**Р.Б. Давыдько, Е.Г. Карпов, О.Б. Нещёткин, В.В. Толмачёв**) в ряд башкирских пещер. С этого времени начались плодотворные творческие контакты с башкирскими карстоведами (**В.И. Мартин, А.И. Травкин, В.Г. Камалов** и др.). Результаты совместных исследований частично были доложены на совещании «Карстовый процесс и его прогноз» (Уфа, 1980), а также опубликованы в статье в журнале «Инженерная геология» (Толмачёв, Карпов и др., 1982).

(2) Изучение механизма провалообразования в покровной толще, сложенной глинистыми и песчаными неводонасыщенными грунтами. Основное внимание было обращено на характер последовательного сводообразования. Конечно, в этом случае удалось проследить лишь некоторые тенденции в сдвигении пород, так как метод эквивалентных материалов в этом случае нельзя считать в полной мере правомерным.

(3) Изучение закономерностей деформаций песчаных водонасыщенных грунтов над подземными карстовыми аномалиями. Проведение исследований по этому направлению полностью взял на себя **В.П. Хоменко**. Им был сконструирован лабораторный стенд, на котором были проведены многочисленные эксперименты, позволившие ему выявить многие закономерности карстово-суффозионных процессов. (Подобный стенд по инициативе **ВП** был также изготовлен для специалистов ЗапУралГИСИЗ). Можно сказать, что большую часть своей творческой жизни **ВП** отдал изучению этого сложного явления, создав теорию карстово-суффозионных процессов. Основные результаты его исследований опубликованы во многих статьях и монографиях «Карстово-суффозионные процессы и их прогноз» (1986) и «Закономерности и прогноз суффозионных процессов» (2003), которые пользуются большой популярностью среди исследователей и практиков. Я могу сказать, что мои научные и просто человеческие контакты с **ВП** оказали благотворное влияние на мои исследования.

(4) Изучение закономерностей формирования карстовых воронок на земной поверхности при образовании карстового провала. Была создана плоская установка, в которой грунт моделировался пронумерованными разноцветными роликами (разновидность геомеханической роликовой модели Schneebelli). Эта модель позволила судить о характере сдвижения слоёв грунта по мере образования провала. Работа выполнялась в Держинской карстовой лаборатории **О.Б. Нещёткиным** при участии **В.Б. Сорокиной** и **В.В. Толмачёвым**. Руководство этими экспериментами взял на себя **О.Б. Нещёткин**. Были выявлены интересные эффекты, объясняющие некоторые явления, сопровождающие деформации грунтовой толщи в зоне карстовых провалов. К сожалению, результаты этих экспериментов были опубликованы лишь фрагментарно в монографии «Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий» (1986). В дальнейшем **ОБ** изучал закономерности сдвижения грунтов вокруг карстовых провальных впадин в натуральных условиях.

Во всех этих работах принимал участие наш мастер **Г.Ф. Гладцинов**, без изобретательности которого многие эксперименты были бы невозможны.

Параллельно с названными работами плодотворные исследования по физическому моделированию механизма карстовых деформаций велись коллегами из других организаций, с которыми мы поддерживали регулярные контакты: **А.В. Аникеевым** (МГУ, ИГЭ), **В.А. Илюхиным** и **Ш.Р. Незамутдиновым** (БашНИИстрой), **В.И. Мартиным** и **А.И. Травкиным** (ЗапУралТИСИЗ), **В.В. Савиным** (СоюзДорНИИ), **J. Fenk** (Фрайбергская Горная Академия ГДР) и др.

Имелось предложение по изучению отдельных аспектов механизма карстовых деформаций с использованием центробежного моделирования. С его помощью многие инженерные задачи могли бы быть эффективно решены.

К сожалению, начавшаяся в стране «перестройка», а затем и переход на «рыночную экономику» прервали исследования в области экспериментального моделирования механизма карстовых деформаций. Однако методология экспериментальных работ, изложенная в статьях и монографиях, а также в «Рекомендациях по лабораторному физическому моделированию карстовых процессов» (1984), оставляет надежду, что будущее поколение исследователей продолжит работу по этому перспективному направлению инженерного карстоведения. В этом отношении есть примеры. Судя по публикациям, в Институте геологии карста Китая развёрнута широкомасштабная программа исследований по экспериментальному изучению карстовых деформаций на физических моделях.

Инженерный аспект в моих исследованиях усилился после установления научных и деловых контактов с коллегами из Научно-исследовательского института оснований и подземных сооружений (НИИОСП) проф. **Е.А. Сорочаном** и **Г.М. Троицким**. Идея геотехнической системы «Карст-Сооружение» моими новыми коллегами была воспринята как само собой разумеющаяся. Именно эта система стала основой для разработки известной методики определения расчётного пролёта карстового провала. Особо близкие

отношения у меня сложились с Г.М. Троицким. Благотворным оказалось вхождение В.П. Хоменко в наш «творческий альянс», который особо активно действовал с 1979 по 1992 годы, до неожиданной кончины ГМ. За этот период мы подготовили и опубликовали следующие совместные работы:

-Ряд принципиальных статей (Сорочан и др., 1982; Толмачёв, Троицкий, 1983; Sorochan, et al, 1985; Сорочан и др., 1986; Сорочан, Троицкий и др., 1986; Толмачёв и др., 1987; Sorochan et al, 1988; Sorochan et al, 1989; Troitsky, et al, 1993);

-Монография «Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий» (Толмачёв, Троицкий, Хоменко, 1986);

-«Рекомендации по проектированию фундаментов на закарстованных территориях» (1985) и «Рекомендации по использованию инженерно-геологической информации при выборе способов противокарстовой защиты» (1987);

-Специальный раздел в СНиП 2.02.01-83* по проектированию оснований и фундаментов в карстовых районах.

Сложившийся неформальный творческий коллектив был инициатором проведения нескольких научно-технических совещаний, семинаров и технических и координационных советов при Госстрое СССР (Челябинск, НКС Госстроя СССР, 1982; Москва, НТС Госстроя СССР, 1982; **Подольск, 1983**; Киев, НКС Госстроя СССР, НИИСК, 1984; Москва, Моспроект-1, 1986; Москва, Герсевановские чтения, 1988; **Куйбышев, 1990**). Эти совещания определённым образом повлияли на политику Госстроя по строительству в карстовых районах.

Творческие и деловые связи у нас продолжались и позднее со многими сотрудниками НИИОСП: В.П. Петрухиным, Т.А. Маликовой, О.А. Шулятьевым, О.А. Мозгачёвой, О.И. Игнатовой, В.А. Барвашовым, Х.А. Джантимировым, В.А. Ковалёвым. С ними мы неоднократно обсуждали возможные подходы по созданию специального нормативного документа в области инженерно-строительного освоения закарстованных территорий. Нами совместно со специалистами НИИОСП была выполнена интересная работа по оценке карстоопасности и определению параметров противокарстовой защиты жилого района «Павшино» в Красногорском районе Московской области. Основные её научные результаты были обсуждены на конференциях (San Antonia, 2005; Петербург, 2008; Уфа, 2012).

Весьма полезные творческие контакты у нас были установлены с некоторыми украинскими коллегами в области инженерного карстоведения, главным образом, с представителями его «конструкторского» направления, связанного с разработкой конструктивного усиления сооружений. Из них, прежде всего, необходимо назвать: **Н.С. Метелюка**, **С.Н. Клепикова**, **А.Б. Соловьёву** (НИИСК Госстроя СССР, Киев), **В.В. Пушкарёва** и **А.И. Братанчука** (Донецкий ПромстройНИИпроект Госстроя СССР). Ими были разработаны методики проектирования, эксплуатации и расчёта зданий и сооружений в карстовых районах, которые были изложены в нескольких методических документах. Характерно, что, исходя именно из потребностей

конструктивной защиты сооружений от различных карстовых деформаций, были предложены классификации закарстованных территорий и строительных участков по прогнозируемым диаметрам и глубинам карстовых провалов, оседаниям и карстовым просадкам. При этом были учтён опыт защиты строительных объектов на подрабатываемых территориях. Некоторые из этих классификаций были учтены нами при разработке «Рекомендаций» (1987) и СНиП по инженерным изысканиям в строительстве (1987).

Сотрудничество специалистов разных организаций, как правило, становится весьма полезным при работе в экстремальных ситуациях. Характерным примером в этом отношении может служить работа по выявлению причин известной катастрофы на заводе «ДзержинскХиммаш», которая произошла в 1992 г. вследствие образования крупного карстового провала. Здесь, кроме предприятия «Противокарстовая и береговая защита», активное участие приняли сотрудники ПНИИИС (И.А. Саваренский, В.П. Хоменко, А.Н. Боголюбов, Н.П. Боголюбова и др.), «Волгагеологии» (Е.В. Копосов и др.), НижегородГИСИЗа (Н.П. Палканов, В.А. Острецов и др.), НИИОСП (Г.М. Троицкий), Ф. Ройтер (Фрайбергская горная академия, Германия).

В течение многих лет я имею творческие контакты с исследователями из Института геоэкологии (ИГЭ) РАН (В.И. Осипов, А.Л. Рагозин, В.М. Кутепов, А.В. Аникеев, А.С. Викторов, О.Н. Ерёмкина и др.). Под эгидой ИГЭ традиционно проходят весьма популярные такие научные конференции, как «Сергеевские чтения» и «Геориск». По инициативе В.И. Осипова была проведена Международная конференция «Ingeorgo» (Москва, 2011), на которой проблемы инженерного карстования обсуждались на специальной секции.

Наиболее тесно я общался в течение многих лет с В.М. Кутеповым. Он внёс значительный вклад в инженерное карстование, прежде всего в методологию оценки карстовой опасности. Основные его идеи были изложены в монографиях: «Устойчивость закарстованных территорий» (Кутепов, Кожевникова, 1989), «Москва: геология и город» (ред. Осипов, Медведев, 1997) и «Природные опасности России, том 3 «Экзогенные геологические опасности» (ред. Кутепов, Шеко, 2002). Наибольшее внимание ВМ уделяет вопросам инженерно-геологического изучения карста в г. Москве. Здесь на методику оценки карстоопасности оказывают влияние следующие обстоятельства: хорошая инженерно-геологическая изученность территории, недостаточность сведений о карстовых проявлениях на земной поверхности, значительные техногенные воздействия на геологическую среду. В какой-то мере на методику оценки карстоопасности повлияло и то, что в Москве традиционно закарстованные территории по степени карстоопасности дифференцируются только на три уровня (весьма опасные, опасные, неопасные). ВМ предложил подразделять опасность карста на два типа: (1) «карстовая опасность», обусловленная закарстованностью растворимых пород и (2) «карстово-суффозионная» опасность, обусловленная карстопроявлениями в покровной грунтовой толще и на земной поверхности в виде провалов и оседаний. Такое деление карстоопасности имеет большое практическое значение –

карстоопасность типа (1) должна учитываться при освоении подземного пространства и устройстве фундаментов глубокого заложения, а карстоопасность типа (2) – при проектировании сооружений с обычными фундаментами.

В последнее время мне приходится часто общаться также с **А.В. Аникеевым**. Основной его научный интерес – механизм образования карстовых провалов. По этой проблеме он опубликовал много интересных статей в отечественных и зарубежных изданиях. Думаю, что именно на основе результатов исследований **АВ** в будущем возможно создание методологии временного прогнозирования образования провалов. *(Я могу утверждать, что среди российских исследователей в области инженерного карстоведения работы АВ имеют наибольший индекс цитируемости в американских публикациях).*

Весьма плодотворными для меня являются беседы с **А.С. Викторовым**, одним из основателей математической теории ландшафта (2006). В его работах я, к своему удовлетворению, нашёл теоретическое обоснование некоторых стохастических закономерностей формирования поверхностных карстопроявлений. Они были установлены мною в начале моей научной деятельности, исходя именно из потребностей инженерной практики. Эти закономерности стали основой для оценки карстовой опасности и риска при строительном освоении закарстованных территорий. *(Я считаю, что теория А.С. Викторова является весьма перспективной для решения многих конкретных инженерных задач).*

В 2001 г. акад. **В.И. Осипов** предложил мне участвовать в научно-исследовательской работе, которая проводилась в рамках российско-нидерландского проекта «Suburbia», основной целью которого была разработка процедуры анализа риска при управлении подземным пространством урбанизированных и промышленных территорий (Мулдер, Осипов и др., 2004). *(Именно эта работа заставила нас активизировать исследования по формализации оценки карстового риска в свете требований Федеральных законов №184, 190, 384).*

В течение многих лет наша организация поддерживает научные контакты с известной Пермской школой карстоведения. Традицией её является регулярное обобщение результатов исследований в области карстоведения и спелеологии с публикацией материалов в сборниках «Гидрогеология и карстоведение» и «Пещеры». Пермские карстоведы периодически проводят интересные симпозиумы по различным аспектам изучения карста, в том числе по вопросам инженерного карстоведения. Из последних симпозиумов следует назвать: Международный симпозиум «Инженерная геология карста» (1992), Международный симпозиум «Карстоведение – XXI век: теоретическое и практическое значение» (2004). В настоящее время под руководством **В.Н. Катаева** при участии коллег из Кунгурской карстовой лаборатория-станции стали проводиться целенаправленные исследования по применению вероятностно-статистических методов и ГИС-технологий при оценке карстовой опасности. В ПГУ читается курс по инженерному карстоведению (**В.П. Костарев**). По инициативе **В.Н. Дублянского** издательством ПГУ

впервые в России подготовлено учебное пособие «Инженерное карстоведение» (Дублянский и др., 2011). *(Для меня стало честью, что в названных работах были использованы некоторые результаты моих исследований).*

Как было сказано в начале статьи, проблема обеспечения безопасности движения поездов на железных дорогах, проходящих по закарстованным территориям, чрезвычайно актуальна. Риск аварийных ситуаций значительно возрастает при повышении скоростей движения. В 1997 г. при моём участии была разработана и утверждена МПС РФ «Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути в карстоопасных районах». Такого рода документ существует только в России. В настоящее время разработана новая редакция «Инструкции», которая в 2011 г. была утверждена ОАО «РЖД». Выполнение и координации работы было поручено кафедре пути МИИТ (Е.С. Ашпиз, А.А. Зайцев, А.Н. Савин, Т.Б. Мелёшкина). В ней принимали участие автор настоящей статьи, О.В. Юргин (Горьковская ж.д.), В.П. Першин (Свердловская ж.д.), В.П. Костарев (ВерхнеКамТИСИЗ, Пермь). Основное отличие этой редакции от прежней заключается в требовании оценки карстового риска для каждого километра железнодорожного пути. Реализацию этого требования предлагается осуществлять в двух вариантах: (1) традиционным путём специального детального инженерно-геологического обследования или (2) оперативным путём на основе особого учёта карстопроявлений в полосе отвода пути применительно к тому или иному типу карста. Само собой разумеется, второй путь оценки карстового риска следует считать лишь самым первым приближением, но зато он является оперативным для принятия первоочередных мероприятий для обеспечения безопасности. Конечно, количественная оценка карстового риска для железнодорожных сооружений является достаточно сложным и многоаспектным понятием. Специфика его оценки и использования в принятии инженерных решений я и мои коллеги (Б.А. Гантов, Е.А. Кремнёв, Т.Ф. Мамонов, Т.Б. Мелёшкина) изложили в серии докладов на Шахунянцевых чтениях, которые стали ежегодно проводиться в МИИТе с 2004 г. На чтениях 2009 г. карстовой тематике была отведена отдельная секция, на которой было заслушано 11 докладов. Кратко прокомментируем некоторые из них. Я совместно с М.В. Леоненко и О.В. Юргиним проанализировали более чем столетнюю историю изучения карста и методы обеспечения безопасности движения поездов на карстоопасном участке ст. Сейма – ст. Доскино на линии Москва – Нижний Новгород. Мы полагаем, что знание этой истории позволит инженерам, в том числе и будущих поколений, более разумно организовывать противокарстовые мероприятия. В докладе В.П. Хоменко были предложены два способа оценки карстовой опасности для эксплуатируемого железнодорожного пути: (1) на основе карстологической съёмки в полосе вдоль пути и (2) с учётом конкретных отличительных особенностей геологического строения трассы, определяющих условия образования карстовых деформаций. В.Н. Катаев обобщил интересный опыт организации мониторинга на закарстованных территориях в Пермском крае применительно к линейным сооружениям. В.А. Барвашов и П.В. Харламов (НИИОСП) привели

результаты численного моделирования траектории формирования деформаций грунтовой толщи над подземной полостью, находящейся в зоне повышенных напряжений от статической нагрузки сооружения. В докладе **Г.Г. Коншина** (МИИТ) был изложен опыт применения сейсмических методов для поиска карстовых полостей в основании земляного полотна железнодорожного пути. В числе использованных методов автор предложил «вибрационный» метод, позволяющий использовать для «диагностики карста» вибродинамические воздействия от подвижного состава. В докладе **В.П. Першина** был изложен опыт проведения противокарстовых мероприятий на Свердловской ж.д. Он высоко оценил работы ЗАО «Карст» по ранжированию закарстованных участков дороги по степени карстовой опасности. Был приведён также факт, когда тампонаж карстовой полости на одном из участков привёл к образованию провала в непосредственной близости от зоны тампонажа. Такие случаи наблюдались также на Горьковской ж.д. О возможности этих явлений предупреждал ещё в 1965 г. Г.М. Шахунянц. Об этом же говорится в вышеназванных «Инструкциях» (1997, 2012), «Рекомендациях» (1987), СНиП по инженерной защите территорий от опасных геологических процессах и во многих публикациях (Толмачёв и др., 1986; Aderhold, 2005). На карстовой секции были представлены несколько докладов по «противокарстовой» линейной сигнализации на основе новых технологий. Несмотря на интересные конструкторские разработки, их авторы не в должной мере учитывают специфику карстопроявлений в основании земляного полотна пути, что снижает эффективность таких разработок. К сожалению, непонимание некоторых особенностей взаимовлияния пути и карстопроявлений зачастую имеет место у руководителей железных дорог, что ведёт к неэффективным инженерным решениям. Этому вопросу на этой секции я посвятил свой доклад «Десять принципов стратегии эксплуатации железнодорожного пути в условиях карстовой опасности».

По инициативе ректора ННГАСУ проф. **Е.В. Копосова** и автора настоящей статьи в рамках Международного научно-промышленного форума «Великие реки» (Нижний Новгород, май 2011) был проведён семинар «Проблемы экологической безопасности и строительства в карстовых районах». На семинаре было заслушано 14 докладов специалистов из Москвы, Перми, Кунгура, Уфы, Дзержинска по различным направлениям инженерного карстоведения. Из них следует отметить доклады, имеющие принципиальное значение.

Проф. **М.С. Вайнштейн** (ОАО «Моспроект») изложил опыт проектирования конструктивной противокарстовой защиты зданий в Москве. Использование специальных программ, учитывающих реальное напряжённо-деформируемое состояние несущих конструкций при различном расположении провальной воронки в плане под фундаментом, позволяет добиться экономичных и надёжных инженерных решений. При этом, критическое состояние конструкций принимается с учётом так называемого «прогрессирующего» разрушения. В докладе **В.П. Костарева** (ОАО «ВерхнееКамТисиз») на примере аварий в Пермском крае убедительно показано, что влияние техногенных

воздействий на геологическую среду во многих случаях является решающим при оценке карстовых рисков. Проф. **В.Н. Катаев** (ПГУ) разработал принципы информационного обеспечения карстологического мониторинга на больших территориях, которые апробируются в Пермском крае. Он показал, что основной целью регионального карстомониторинга является снижение рисков комплексного освоения закарстованных территорий. **В.Л. Беляев** (Комитет по архитектуре и градостроительству г. Москвы) в постановочном плане осветил проблемные вопросы управления рисками на закарстованных территориях применительно к планировочным решениям при освоении подземного пространства. **А.В. Аникеев** и **М.В. Леоненко** на примере инженерно-геологических условий г. Дзержинска показали механизм влияния грунтовых водозаборов на активизацию образования карстовых провалов. Ими сделана попытка объяснить статистические закономерности провалообразования на территории, находящейся в зоне влияния водозабора. Проф. **Н.З. Готман** (БашНИИСтрой, Уфа) свой доклад посвятила некоторым проблемам расчёта фундаментов на закарстованных территориях. В частности, были поставлены такие задачи, как оценка критических пролётов карстовых полостей с учётом различных конструкций фундаментов, определение напряжённо-деформированного состояния оснований зданий при различных карстопроявлениях. В настоящее время именно в БашНИИСтрое ведётся плодотворная исследовательская работа по созданию методов расчёта противокарстовых конструкций с апробацией их на конкретных объектах. Это направление в инженерном карстоведении обсуждалось и на конференции «Геотехнические проблемы проектирования зданий и сооружений на карстоопасных территориях» (Уфа, 2012). **М.В. Леоненко** и автор настоящей статьи предложили достаточно дробную классификацию территорий по карстово-провальной опасности (10 классов по интенсивности провалообразования и 8 классов по средним диаметрам провальных воронок). Это отвечает современным требованиям инженерной практики и заставит изыскательские организации более тщательно подходить к прогнозу карстовой опасности и карстового риска. Такие предложения неоднократно доводились до специалистов-практиков и исследователей (Толмачёв, 2009; Leonenko, Tolmachev, 2011; Рекомендации, 2012). Эта деятельность по сути дела перешла в своеобразную «просветительскую плоскость».

Следует отметить, что при инженерно-строительном освоении закарстованных территорий имеются такие проблемы, решение которых требует использования результатов специальных исследований, ранее не проводившихся в нашей стране. В этом случае целесообразно обобщать результаты исследований в других странах и использовать их с учётом природных и иных условий в России. В частности, с одной из таких проблем, связанной с оценкой карстовой опасности при проектировании и эксплуатации полигонов хранения отходов, мы столкнулись в середине девяностых годов. Работа была начата с изучения зарубежных публикаций по этой проблеме. Было изучено около 30 публикаций исследователей из США, Германии, Чехии, Балканских стран. Большую работу в этом направлении проделала

Т.В. Мамонова. В результате нам удалось сформулировать основные закономерности потенциального загрязнения геологической среды на участках расположения хранения отходов и предложить способы оценки так называемой карстовой опасности типа А в условиях покрытого карста (Толмачёв, Мамонова, 2006).

В последнее время инженерная общественность уделяет всё возрастающее внимание проблеме оценки риска при принятии инженерных решений. Под риском понимается вероятность тех или иных негативных последствий в заданное время применительно к конкретному сооружению или на определённой единице площади. Мало того, требование по оценке рисков содержится в ряде российских законов, относящихся к строительной отрасли. Разумеется, отражение строительной специфики при оценке риска требует проведение целенаправленных исследований по различным направлениям и доведение их результатов до практических положений в соответствующих строительных нормативах или методических рекомендациях. Однако, к сожалению, можно утверждать, что в ближайшее время (при существующем отношении государства к исследованиям в строительной отрасли) не приходится ожидать решения проблемы в целом. Однако выход есть – самостоятельно решать частные проблемы оценки риска применительно к отдельным типам сооружений, конкретным опасным природным процессам, техногенным воздействиям и т.д. В этих условиях весьма востребованными могут оказаться исследования наших классиков в области применения вероятностных методов в строительном проектировании (В.В. Болотина, А.Р. Ржаницына, В.Д. Райзера и др.).

Моя творческая биография во многом связана именно с вероятностными методами в инженерном карстоведении. В этом деле мне во многом помогли мои коллеги. Назову некоторых из них (с указанием некоторых направлений их деятельности в этой области): **Е.Г. Карпов** (прогнозирование размеров карстовых провалов), **О.Б. Нещёткин**, **В.Б. Сорокина**, **В.К. Пичурова** (апробация методов определения расчётных пролётов провальных воронок), **В.Л. Беляев** (сравнение вариантов планировочных решений с учётом вероятностных характеристик карста), **Т.В. и Т.Ф. Мамоновы** (оценка карстовых рисков), **М.В. Леоненко** (прогнозирование вероятностных характеристик провалообразования с использованием результатов геофизических методов исследований геологической среды, внедрение способов оценки карстовых рисков в проектно-изыскательскую практику, в т.ч. через нормативно-методические документы), **С.А. Махнатов** и **М.М. Уткин** (численное моделирование оценки карстовых рисков при решении различных инженерных задач).

В заключение хочу сказать о зарубежных коллегах.

Достаточно тесные контакты в течение многих лет я имел с исследователями, которых можно отнести к Фрайбергской школе инженерной геологии карста. Среди них следует назвать следующих представителей этой школы:

*Проф. **Ф. Ройтер (F. Reuter)** – автор многочисленных статей и учебных пособий в области инженерно-геологических изысканий в районах карбонатного, сульфатного и соляного карста на территории ГДР и оценки карстовой опасности с учётом провалов и оседаний земной поверхности. Он и его коллеги разработали несколько способов оценки карстовой опасности. В частности, **ФР** привлёк к работе по оценке карстово-провальной опасности математиков Фрайбергской горной академии (D. Stoyan, P. Oleikewitz) которые использовали для решения этой задачи теорию точечных процессов, что позволило оценивать условную вероятность образования провалов на заданной площади с учётом конкретного расположения всей совокупности карстовых воронок на рассматриваемой территории.

*Проф. **Х. Молек (H. Molek)** является многолетним соратником проф. Ф. Ройтера. Они - авторы учебника по инженерной геологии карста (1974). Работая в последнее время руководителем кафедры инженерной геологии Дармштадского технического университета **ХМ** принимал участие в решении нескольких интересных инженерных задач: трассирование высокоскоростной железной дороги на закарстованной территории, рациональный выбор участков для размещения полигонов захоронения отходов и др. После визита в Дзержинскую карстовую лабораторию и обмена мнений Х. Молек, В.П. Хоменко и В.В. Толмачёв опубликовали в Германии статью о механизме провалообразования (1997).

*Д-р **Г. Зудерлау (G. Suderlau)** разработал методику оценки карстоопасности по результатам статического зондирования грунтов покровной толщи. (Как известно, в этом направлении интересные результаты получены проф. В.П. Хоменко и его коллегами). Работая в изыскательской организации, Г. Зудерлау своей деятельности много внимания уделял оценке карстоопасности и обоснованию способов противокарстовой защиты, иногда даже вторгаясь в собственно проектную деятельность.

Во время моего посещения ГДР мы договорились с проф. Ф. Ройтером о совместной публикации в ГДР и СССР монографий по проблемам инженерной геологии карста. Публикация книги для германских читателей была осуществлена издательством "Akademie-Verlag" (Reuter, Tolmačev, 1990), а публикация книги для русских читателей - издательством "Недра" (Толмачёв, Ройтер, 1990). В подготовке отдельных разделов в обеих книгах были привлечены: Х. Молек, Г. Зудерлау и В.П. Хоменко. Книги имеют свои названия и существенно различаются по структуре, содержанию и объёму. Если книга под редакцией Ф. Ройтера преимущественно основывается на результатах немецких исследований, то в книге под моей редакцией в максимально возможной степени отражены также те практически значимые результаты исследований немецких коллег, которые не нашли должного развития в нашей стране. В числе их, например, следует назвать закономерности образования мульд оседания, особенности проектирования сооружений в зонах оседания и др.

В числе других представителей Фрайбергской школы инженерного карстоведения хочу назвать следующих исследователей: **Ю. Фенк (J. Fenk)**,

М. Пенцель (M. Penzel), Г. Майер (G. Meier). Все они, используя некоторые закономерности сдвижения горных пород над горными выработками, провели интересные исследования по механизму образования карстовых деформаций. Некоторые результаты этих исследований приведены в упомянутых монографиях. Ю. Фенк сделал интересную попытку оценить время и вероятность образования провала на земной поверхности после обрушения кровли полости. Этому предшествовали его работы по лабораторному моделированию процессов формирования пустотных и разуплотнённых зон в покровных грунтах, соответствующее математическое моделирование и анализ образования провалов над заброшенными шахтами (Fenk, 1981). Можно сказать, что исследования Ю. Фенка являются одним из первых шагов в решении проблемы временного прогнозирования образования карстовых провалов. Именно эта, достаточно трудная задача, которая должна решаться будущим поколением исследователей.

Перед объединением ГДР с ФРГ и в связи со своим уходом с поста руководителя кафедры инженерной геологии проф. Ф. Ройтер организовал в 1989 г. во Фрайберге «прощальный» семинар по проблемам инженерной геологии карста. На нём он планировал устроить презентацию нашей совместной книги. Но в связи с политическими событиями публикация книги была несколько задержана. На семинаре присутствовала большая группа специалистов из ФРГ. В своих выступлениях они подчёркивали, что в теоретических исследованиях учёные из ГДР занимают ведущее положение по сравнению с коллегами из ФРГ. Ключевые лекции по вопросам инженерной геологии карста были прочитаны Ф. Ройтером, Х. Молеком, Ю. Фенком, Г. Зудерлау, Г. Майером. На семинаре я познакомился с интересным исследователем **К.-Х. Бюхнером (K.-H. Büchner)** из Ганновера. Позднее он прислал мне брошюру (1991), где он изложил способ классификации участков строительства по провальной опасности в зависимости от диаметров карстовых воронок, их расстояния до рассматриваемого участка и литологии закарстованных пород. Им было предложено 8 категорий карстоопасности, для каждой из которых разработаны рекомендации по противокарстовым мероприятиям. Эти предложения были приняты в качестве нормативов для Федеральной Земли Нижняя Саксония. Аналогичные, но свои региональные, нормативы разработаны в некоторых других Землях Германии.

Интересные теоретические и практически значимые исследования по оценке карстоопасности и оценке геотехнических рисков на закарстованной территории Земли Гессен провела доктор-инженер **Г. Адерхольд (G. Aderhold)**. Опубликованная ею книга (Aderhold, 2005), по моему мнению, может представлять большой интерес для отечественных специалистов. Именно поэтому я решил перевести книгу на русский язык с краткими комментариями для русских читателей по некоторым положениям книги (Адерхолд, 2010). Книга была издана в ННГАСУ под редакцией ректора ННГАСУ, проф. Е.В. Копосова. Обстоятельную рецензию на рукопись книги подготовил проф. В.П. Хоменко. Большую помощь в доведении текста перевода до приемлемого уровня оказали мне мои давние коллеги Н.А. Сураев

и Т.В. Мамонова. Хочется обратить внимание на два обстоятельства, на которых акцентировано внимание в книге. Первое обстоятельство связано с тем, что результаты инженерно-геологических изысканий должны быть релевантными при оценке карстовой опасности и обосновании конкретных инженерных задач. Второе обстоятельство определяется необходимостью оптимально дробного дифференцирования территорий при оценке карстовой опасности и геотехнических рисков на различных территориях. Для относительно небольшой территории Гессена было выделено 11 категорий карстовой опасности с учётом инженерно-геологических и геотехнических особенностей карста в регионе. По моему мнению, именно такого подхода требует инженерная практика и в нашей стране.

Как известно, в 1973 г. в Ганновере (ФРГ) под эгидой МАИГ состоялся первый международный симпозиум по проблемам инженерного карстоведения. На нём было представлено много интересных материалов, которые кратко были прокомментированы в небольшой брошюре (Толмачёв, Карпов, 1980). Весьма обстоятельными, с моей точки зрения, являлись два доклада польского исследователя **Е. Лишковского (J. Liszkowski)**, посвящённые механизму образования провалов и специфике оценки карстовой опасности на территории Польши. Оба доклада оказались значимыми до настоящего времени. На основе детерминистических моделей образования провалов он пришёл к выводу, что прогнозирование количественных характеристик провалов целесообразно лишь с оценкой их вероятностей. Следует заметить, что во многих публикациях последних лет (Россия, США, Германия, Китай) по инженерно-геологическим проблемам карста имеются регулярные ссылки на эти работы ЕЛ. В 1994 г. он выступил с докладом о механизме карстово-суффозионных деформаций на семинаре «Карстовые провалы», организованным по инициативе В.Н. Андрейчука в Кунгуре. После Кунгура он посетил Дзержинск, где мы имели возможность обменяться мнениями по многим вопросам инженерного карстоведения. В связи с 75-летием ЕЛ мы с **В.Н. Андрейчуком** провели достаточно подробный анализ его деятельности в области инженерного карстоведения в нескольких статьях (Андрейчук, Толмачёв, 2011). Кстати, у нас с **ВН** есть план подготовки книги под условным названием «Творческие портреты исследователей в области инженерного карстоведения».

В 2001 г. в Пекине под эгидой ЮНЕСКО состоялась Первая Международная конференция, посвящённая **поддерживаемому** развитию карстовых регионов (Sustainable development in karst regions). На конференции в основном рассматривались проблемы защиты карстовых экологических систем. Весьма содержательная лекция по этому вопросу была прочитана известным китайским карстоведом проф. **Ю. Даоксианом (Y. Daoxian)** – автором книги «Карст Китая» (1991), одним из организаторов Института геологии карста Академии наук Китая. Я несколько раз имел с ним интересные беседы при встречах на международных конференциях (Пермь, 1992; Белград, 2005). Лекцию по проблемам поддерживаемого развития при создании водохранилищ и водоснабжения в карстовых районах прочитал известный исследователь карстовых гидрогеологических систем **П. Миланович (P. Milanović)** (Сербия).

Он автор – известной монографии «Геотехника в условиях карста» (2000). ПМ был участником семинара по инженерному карстоведению (Дзержинск, 2007) и конференции «Геотехнические проблемы проектирования зданий и сооружений на карстоопасных территориях» (Уфа, 2012). Мы с О.Б. Нещёткиным выступили на Пекинской конференции с докладом по вопросу обоснования параметров противокарстовой защиты сооружений. Конечно, этот доклад лишь в некоторой мере относился к основной теме конференции. Тем не менее, проблема **поддерживаемого (устойчивого) развития применительно к строительству** является чрезвычайно важной, на что обращает внимание Градостроительный кодекс Российской Федерации. Эта тема применительно к инженерно-строительному освоению закарстованных территорий была поднята мною на Международной карстовой конференции, состоявшейся в Белграде-Которе (2005), которая была организована по инициативе П. Милановича. Эта проблема также рассматривалась на специальной секции Московской Международной геотехнической конференции 2010 г. (Сорочан, Толмачёв и др., 2010).

Весьма полезные в творческом отношении контакты у нас сложились с некоторыми американскими специалистами в области инженерного карстоведения. Основой их послужили регулярные национальные конференции по проблемам прикладного карстоведения, которые проводятся в США с 1984 г. К настоящему времени уже состоялось 12 конференций. Инициатором их проведения и неизменным редактором трудов конференций был д-р **Б. Бек (B. Beck)**, руководитель карстового отдела известной фирмы «P.E. LaMoreaux & Associates (PELA)». Традиционной особенностью этих конференций является участие в них большого числа иностранных докладчиков, в том числе выступающих с ключевыми докладами. В 1993 г. Г.М. Троицкий, В.П. Хоменко, В.В. Толмачёв заочно участвовали в 4-ой конференции, а в 1997 г. по приглашению Б. Бека я участвовал в работе 6-ой конференции с докладом «Об эффективности противокарстовых мероприятий». В дальнейшем я и мои коллеги (Т.А. Балашова, Б.А. Гантов, А.Н. Ильин, М.В. Леоненко, С.Э. Пидяшенко, а также В.П. Хоменко, И.А. Саваренский, В.М. Кутепов, А.В. Аникеев) неоднократно заочно участвовали в работе этих конференций с публикацией своих материалов в трудах конференций. В 2008 г. В.П. Хоменко участвовал в работе 11-ой конференции. Из названных выше моих зарубежных коллег в этих конференциях участвовали с ключевыми докладами Ю. Даоксиан, Ф. Ройтер, П. Миланович.

После моего визита в Америку у меня установились достаточно тесные контакты с исследователями фирмы PELA Б. Бекком (B. Beck), В. Джоу (W. Zhou), главой фирмы Филиппом Ламоро и его сыном Джимом (Philip & Jim LaMoreux), а также с сотрудником Британской геологической службы А. Купером (A. Cooper). Американские коллеги предоставили мне возможность ознакомиться со многими интересными публикациями (например, с монографией G.F. Sowers «Строительство в условиях провалов», 1996). По моему мнению, труды этих конференций во многом отражают тенденции развития инженерного карстоведения в мире. В этом мы убедились при

обобщении методов оценки карстовой опасности, изучении проблем выбора местоположения АЭС в карстовых районах, хранения отходов на закарстованных территориях, особенностей страхования сооружений с учётом специфики карстовых рисков и др. Это необходимо иметь в виду, прежде всего, начинающим исследователям в области инженерного карстоведения.

В 2008 г. проф. **Ф. ван Бейен (Ph. van Beuyen)** из университета Южной Флориды (г. Тампа, США) задумал подготовить международную монографию «Управление карстом – Karst management» с привлечением в качестве авторов специалистов разных отраслей знаний из нескольких стран. Мне было предложено подготовить главу по оценке карстового риска для целей строительства. Я согласился и вскоре глава в основном была написана. На последнем этапе я привлёк к подготовке главы М.В. Леоненко. Перевод главы, её корректировка с учётом замечаний американского рецензента, а также многочисленную переписку с американцами и издательством взяла на себя моя давняя помощница **Л.А. Столбова**. В 2011 г. книга была издана в международном издательстве “Springer”. Она состоит из 21 главы, объединённых в четыре части: (I) Управление поверхностным карстом, (II) Управление подземным карстом, (III) Управление карстовыми источниками, (IV) Управление карстовыми регионами как целостными единицами. В подготовке монографии приняли участие 26 авторов, в том числе из США, Сербии, России, Ирландии, Австралии, Италии, Канады, Франции, Новой Зеландии. Инженерно-строительному освоению закарстованных территорий были посвящены следующие главы: гл. 2 «Инженерные проблемы карста» (Б. Бек, В. Джоу); гл. 3 «Плотины и водохранилища» (П. Миланович); гл. 4 «Опыт оценки риска провалов при строительстве в районах покрытого карста в России (В. Толмачёв, М. Леоненко). В монографии есть главы, посвящённые общим проблемам изучения карста («Карст в местах мирового наследства ЮНЕСКО», «Карст и концепция поддерживаемого развития»), которые могут представлять большой интерес для всех исследователей карста безотносительно к конкретной сфере их деятельности.

В конце моего доклада хочется сказать, что я испытал большое удовольствие, когда вспоминал о совместной работе, дискуссиях с названными и с неназванными здесь коллегами, а также о творческих контактах с ними в различные периоды моей почти полувековой инженерной и научной деятельности.

Ниже приведён список некоторых публикаций моих коллег, которые оказали (или могут оказать) заметное влияние на развитие инженерного карстоведения.

Список литературы

Адерхолд Г. Классификация провалов и мульд оседаний в карстоопасных районах Гессена - Рекомендации по оценке геотехнических рисков при проведении строительных мероприятий (Перевод с немецкого В.В. Толмачёва, под редакцией проф. Е.В. Копосова). ННГАСУ, Нижний Новгород, 2010.

Андрейчук В.Н. Провалы над гипсовыми пещерами-лабиринтами и оценка устойчивости закарстованных территорий. Черновцы, 1999.

Андрейчук В.Н., Толмачёв В.В. Профессор Ежи Лишковский – основатель инженерного карстоведения в Польше //Инженерная геология, 2011, №1.
Беляев В.Л., Толмачёв В.В. Прогноз антропогенных изменений развития карста в городах как основа изысканий и инженерной защиты //Инженерная геология, 1990, №6. – С. 59 – 68.

Викторов А.С. Основные проблемы математической морфологии ландшафта. М., 2006.

Готман Н.З., Готман А.Л. Проблемы рационального проектирования геотехнических противокарстовых мероприятий //Геотехнические проблемы проектирования зданий и сооружений на карстоопасных территориях. Труды Российской конференции. Уфа, 2012. – С. 134 – 140.

Дублянский В.Н., Дублянская Г.Н., Катаев В.Н., Костарев В.П., Толмачёв В.В. Карстование. Часть 3. Инженерное карстование. Учебное пособие по курсу. ПГУ, Пермь, 2011.

Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути в карстоопасных районах (под редакцией Е.С. Ашпиза). ОАО «РЖД», М., 2012.

Катаев В.Н., Кадебская О.И. Геология и карст города Кунгура. Пермь, 2010.

Кутепов В.М., Кожевникова В.Н. Устойчивость закарстованных территорий. М., 1989.

Мартин В.И., Толмачёв В.В., Ильин А.Н., Саваренский И.А. Основные задачи инженерно-геологических исследований для строительства на закарстованных территориях //Инженерная геология, 1983, №2. – С. 59 – 64.

Москва. Геология и город (под редакцией В.И. Осипова и О.П. Медведева). М., 1997.

Мульдер Э., Осипов В.И., Кутепов В.М., Толмачёв В.В., Макаров В.И., Миронов О.К., Катаев В.Н., Ерёмина О.Н. К оценке опасности и риска на городских и промышленных закарстованных территориях на примере опорных участков в Москве и Дзержинске //Материалы Международного симпозиума «Карстование – XXI век: теоретическое и практическое значение». Пермь, 2004.

Петрухин В.П., Шулятьев О.А., Толмачёв В.В., Безволев С.Г., Мозгачёва О.А. Карстологические аспекты проектирования и строительства зданий и сооружений жилого района в Павшинской пойме //Труды Российской конференции «Геотехнические проблемы проектирования зданий и сооружений на карстоопасных территориях», Уфа, 2012. - С 90 – 101.

Природные опасности России. Том 3. Экзогенные геологические опасности (под редакцией В.М. Кутепова и А.И. Шеко). М., 2002.

Рекомендации по инженерно-геологическим изысканиям и оценке территорий в карстовых районах СССР (под редакцией И.А. Саваренского). ПНИИИС, М., 1967.

Рекомендации по проектированию зданий и сооружений в карстовых районах СССР (под редакцией И.А. Саваренского). ПНИИИС, М., 1967.

Рекомендации по проектированию фундаментов на закарстованных территориях (под редакцией К.Е. Егорова и Е.А. Сорочана). НИИОСП, М. 1985.

Рекомендации по использованию инженерно-геологической информации при выборе способов противокарстовой защиты (под редакцией В.В. Толмачёва). ПНИИИС, М., 1987.

Рекомендации по инженерным изысканиям, проектированию, строительству и эксплуатации зданий и сооружений на закарстованных территориях Нижегородской области (под редакцией В.В. Толмачёва и М.В. Леоненко). ОАО «Противокарстовая и береговая защита», Нижний Новгород, 2012.

Саваренский И.А., Миронов Н.А. Руководство по инженерно-геологическим изысканиям в районах развития карста. ПНИИИС, М., 1995.

Сорочан Е.А., Толмачёв В.В., Леоненко М.В., Леоненко С.В. Вопросы устойчивого развития закарстованных территорий в свете положений Градостроительного кодекса Российской Федерации. //Труды Международной научно-практической конференции «Геотехнические проблемы мегаполисов». М., 2010. – С. 1995 – 2002.

Сорочан Е.А., Троицкий Г.М., Толмачёв В.В. Комплексные защитные мероприятия при строительстве на закарстованных территориях //Основания, фундаменты и механика грунтов, 1982, №4. – С. 16 – 19.

Сорочан Е.А., Троицкий Г.М., Толмачёв В.В., Трофименков Ю.Г., Смолин Б.С. Вопросы строительного освоения закарстованных территорий //Основания, фундаменты и механика грунтов, 1986, №4. – С. 80 – 87.

Толмачёв В.В. Вопросы инженерного карстоведения в трудах проф. Н.А. Гвоздецкого //Проблемы изучения карстовых ландшафтов. Пермь, 1993. – С. 83 – 94.

Толмачёв В.В. Вопросы инженерного карстоведения в трудах проф. Г.М. Шахунянца //Труды научно-технической конференции «Современные проблемы путевого комплекса». МИИТ, М., 2004. С. II-17 – 19.

Толмачёв В.В. Вопросы инженерного карстоведения в трудах В.С. Лукина //Сб. «Пещеры». Пермь, 2009 – С. 166 – 171.

Толмачёв В.В. Предложения по дифференциации закарстованных территорий по провальной опасности //Перспективы развития инженерных изысканий в строительстве в Российской Федерации. Материалы IV Общероссийской конференции изыскательских организаций. М., ОАО ПНИИИС, 2009. С. 154 – 157.

Толмачёв В.В., Беляев В.Л., Карпов Е.Г. Система «Карст-Сооружение» как основа оптимизации инженерно-геологических изысканий в карстовых районах //Инженерная геология, 1983, №5. – С. 55 – 61.

Толмачёв В.В., Карпов Е.Г., Хоменко В.П., Мартин В.И., Давыдько Р.Б. Механизм деформаций горных пород над подземными карстовыми формами //Инженерная геология, 1982, № 4. – С. 46 – 59.

Толмачёв В.В., Леоненко М.В., Махнатов С.А., Уткин М.М. Использование понятия карстового риска при инженерно-строительном освоении закарстованных территорий //Материалы Российской конференции «Геотехнические проблемы проектирования зданий и сооружений на карстоопасных территориях». Уфа, 2012. – С. 233 – 240.

Толмачёв В.В., Мамонов Т.Ф. О допустимых удельных карстовых рисках для строительных объектов //Материалы Международной научно-практической конференции «Геориск-2009». Проблемы снижения природных опасностей и рисков, том II. С. 33 – 35.

Толмачёв В.В., Мамонова Т.В. Карстоопасность и полигоны твёрдых и бытовых отходов //Материалы Международной научно-практической конференции «Экология урбанизированных территорий». М., 2006. – С. 146 – 149.

Толмачёв В.В., Ройтер Ф. (при участии Хоменко В.П., Молека Х., Зудерлау Г.). Инженерное карстование. М., 1990.

Толмачёв В.В., Троицкий Г.М. Определение расчётного размера карстового провала при проектировании противокарстовых фундаментов //Основания, фундаменты и механика грунтов, 1983, №2. – С. 22 – 24.

Толмачёв В.В., Троицкий Г.М., Хоменко В.П. Инженерно-строительное освоение закарстованных территорий (под редакцией Е.А. Сорочана). М., 1986.

Труды совещания «Проектирование, строительство и эксплуатация земляного полотна в карстовых районах». Горький, 1965.

Хоменко В.П. Карстово-суффозионные процессы и их прогноз (под редакцией Р.С. Зиангирова). М., 1986.

Хоменко В.П. Закономерности и прогноз суффозионных процессов. М., 2003 (под редакцией В.В. Баулина).

Шахунянц Г.М. Земляное полотно железных дорог. М., 1953.

Яковлева Т.Г. Определение зоны безопасности при проектировании противокарстовых мероприятий //Труды МИИТ, 1960, вып. 111.

Daoxian Y. Karst of China. Beijing, 1991.

Fenk J. Eine Theorie zur Entstehung von Tagesbrüchen über Hohlräumen im Lockergebirge. Leipzig, 1981.

Karst management (Editor P.E. van Beynen). Dordrecht-Heidelberg-London-New York, 2011.

Milanović P.T. Geological engineering in karst (Dams, reservoirs, grouting, groundwater protection, water tapping, tunneling). Belgrade, 2000.

Reuter F., Tolmačev V.V.(unter Mitarbeit von H. Molek, G. Suderlau und V.P. Chomenko). Bauen und Bergbau in Senkungs-und Erdfallgebieten (Eine Ingenieurgeologie des Karstes). Berlin, 1990.

Sorochan E.A., Troitzky G.M., Tolmachyov V.V., Khomenko V.P., Klepikov S.N., Metelyuk N.S., Grigoruk P.D. Antikarst protection for buildings and structures //Proceedings of the eleventh International conference on soil mechanics and foundation engineering. San Francisco, 1985. – P. 2457 – 2460.

Sowers G.F. Building on sinkholes (Design and construction of foundations in karst terrain). New York, 1996.