

文章编号: 1009-3850(2008)01-0096-07

费尔干纳盆地油气资源潜力与勘探新领域

刘传鹏^{1,2}, 林承焰³, 赵玉华², 张交东²

(1. 中国科学院 地质与地球物理研究所, 北京 100029; 2. 中国石化股份 胜利油田分公司 东胜精攻石油开发集团股份有限公司, 山东 东营 257000; 3. 中国石油大学 地球资源与信息学院, 山东 东营 257000)

摘要: 费尔干纳盆地是中亚地区的一个老油区, 虽然经过了多年的勘探和开发, 但仍有较大的资源潜力。主要勘探新领域有: 寻找非构造油气藏(隐蔽油气藏)、老油田内部滚动勘探、钻探古中生界深层。费尔干纳盆地此前的钻探目标均是围绕大构造背景上的背斜圈闭进行, 非背斜构造的研究和钻探很少。笔者研究认为费尔干纳盆地寻找非背斜圈闭油藏前景广阔; 在对老油田内部钻采、试油资料的详细分析后, 认为老油田内部主力逆断层的下盘和背斜构造的侧翼具有较大的资源潜力; 盆地的古中生界不仅可以新生古储, 而且其本身也可以生油, 在盆地局部隆起及边部都存在古中生界成藏的条件。

关键词: 费尔干纳盆地; 资源潜力; 勘探新领域; 非背斜油藏; 滚动勘探

中图分类号: P512.2 文献标识码: A

1 盆地概况

费尔干纳盆地是中亚地区(1880)发现的老油区^[1], 是天山山脉向西延伸的一个北东-南西向山间拗陷盆地。盆地面积 $4 \times 10^4 \text{ km}^2$ ^[2], 横跨三个国家, 中心部分位于乌兹别克斯坦的东端, 东部和西南部在吉尔吉斯斯坦国境内, 西北部在塔吉克斯坦境内(图 1)。

1880年在盆地南缘西段的绍尔苏地区发现古近系油藏(1880)^[3], 1904年找到第一个具有工业价值的油田, 目前在费尔干纳盆地内共发现 56 个大小不一的油气田, 20% 分布于盆地北部的边缘构造带, 80% 的油气分布于南部构造带^[2]。南部和东北部勘探程度高, 中部低(图 2)。

2 地质构造特征与演化

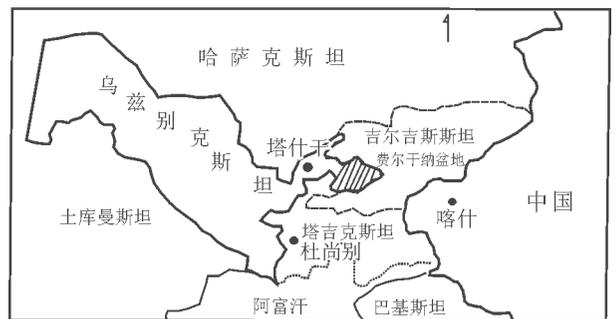


图 1 费尔干纳盆地地理位置图

Fig 1 Geographic location of Ferganskaya Dolina

费尔干纳盆地属典型的山间盆地。盆地的基本构造特征为周边高山环绕, 盆地中央为受深大断裂控制的地堑, 南北以断阶带与山地相接。盆地北部北西倾向的塞维诺-费尔干纳逆断层把盆地与库拉姆、查特卡尔山相接^[3]。南倾的如诺罗-费尔干纳

收稿日期: 2007-06-18 改回日期: 2007-11-04

作者简介: 刘传鹏(1968-), 男, 高级工程师, 博士, 主要从事油气地质勘探与开发研究。Tel: 0546-8688678

逆断层确定了盆地的南侧边界,沿着该断层的北部边缘发育了许多小断裂和一系列凹陷^[3]。盆地内分为3个次级单元:北部边缘构造带、南部构造带及盆地中央带(图2)。盆地主要经历了三个构造演化阶段^[1],即古生代基底形成之前为地槽阶段,晚二叠世至早古近纪为地台发育阶段,古近纪末至现代为造山及山间盆地发育阶段。按槽台观点看,这三个阶段分别为地槽阶段、地台阶段和地台后的活化阶段(图3)。

3 沉积充填与生储盖岩

盆地的基底在西北边缘出露^[1],为古生界火成岩和变质岩系,呈块状结构。上二叠统为河流相、湖相、沼泽相泥页岩、砂岩及含煤沉积。下中三叠统缺失,上三叠统为陆相杂色砾岩、砂岩、粉砂岩、砂泥

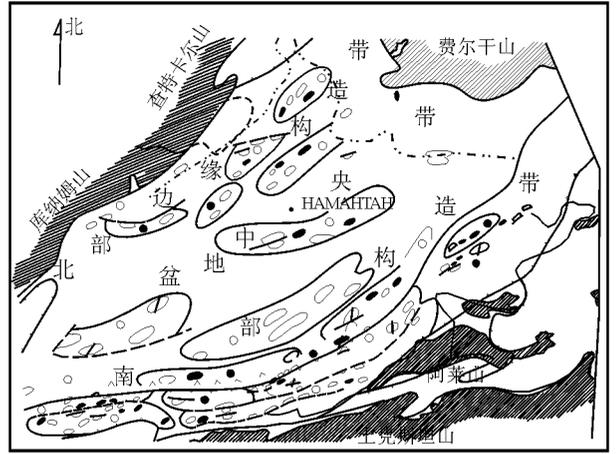


图2 费尔干纳盆地油气田分布图

Fig 2 Distribution of oil gas sites in Ferganskaya Dolina Basin

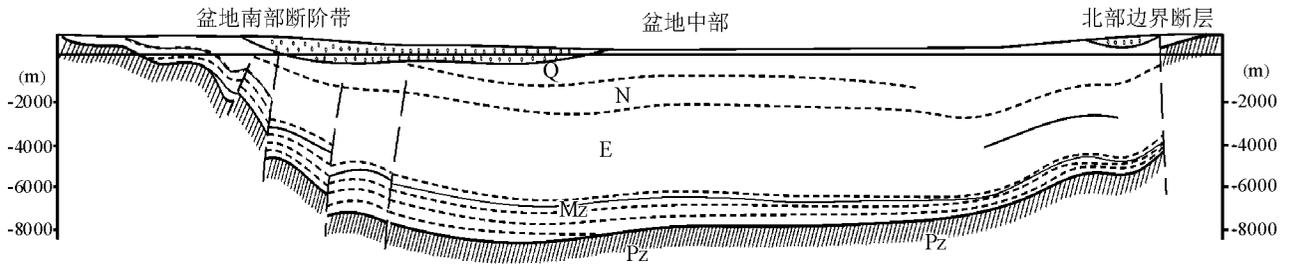


图3 费尔干纳盆地地质剖面示意图

Fig 3 Schematic geological section across Ferganskaya Dolina

岩、泥岩夹煤层,并填充在古生代基底凹陷中,厚700m。侏罗系为湖沼相暗色泥岩、粉砂岩、煤层夹介壳灰岩与河流相杂色砂、砾岩、泥岩,厚度变化较大,0~1000m。白垩系为陆相、潟湖相和海相沉积,以底砾岩超覆在侏罗系或古生界上。其下统为红色泥岩和砂岩,底部为红色砾岩,厚25~160m。上白垩统为碳酸盐岩、石膏和灰色粘土。在盆地南缘为红色泥岩夹灰色石灰岩与浅白色细粒疏松砂岩互层,厚80~300m。

古近系为潟湖海相沉积,主要为浅绿色泥岩,含石膏及牡蛎化石,夹石灰岩、泥灰岩。从盆地边部到中部由滨岸相、潟湖相过渡为变浅海相,厚140~320m。新近系为陆相磨拉石沉积,下部为砖红色粘土夹砂岩,上部为粉红色粘土夹薄层砂岩和细砾岩,厚120~375m(图4)。

中生代时期中亚地区广泛遭受海侵^[4],中晚侏罗世和晚白垩世两次规模较大的海侵形成了费尔干纳盆地重要的烃源岩层。

费尔干纳盆地的油气主要集中于四套含油气层

系中^[1],即侏罗系、白垩系、古近系及新近系,前两个主要产气,后两个主要产油。另外,在盆地周围山系的古生界基岩地层中也发现有沥青脉和地蜡,而且在南阿拉梅什克构造上钻井时,古生界中钻遇有石油显示。已发现的多数油气藏是背斜油气藏,部分是断块、地层油有藏。

4 资源潜力

据乌兹别克斯坦文献资料,费尔干纳盆地总的资源量为30多亿吨(表1),目前探明石油地质储量不足2亿吨,探明率很低。从含油层系上看,古近系发现率为2.5%,为最低;中生界发现率也仅为5.6%。为什么还有那么多地质储量没有探明?分析认为:一是该盆地为山间盆地,在南、北两侧都存在古生代至新生代深大断裂,在油气的生、运、聚过程中,有部分烃沿大断裂出露地表而逸散(从20世纪初当地居民在南部山区大量采掘石蜡可以得到证实);二是由于勘探手段落后,资料精度差,有相当多的油气储量还未被发现,勘探潜力很大。

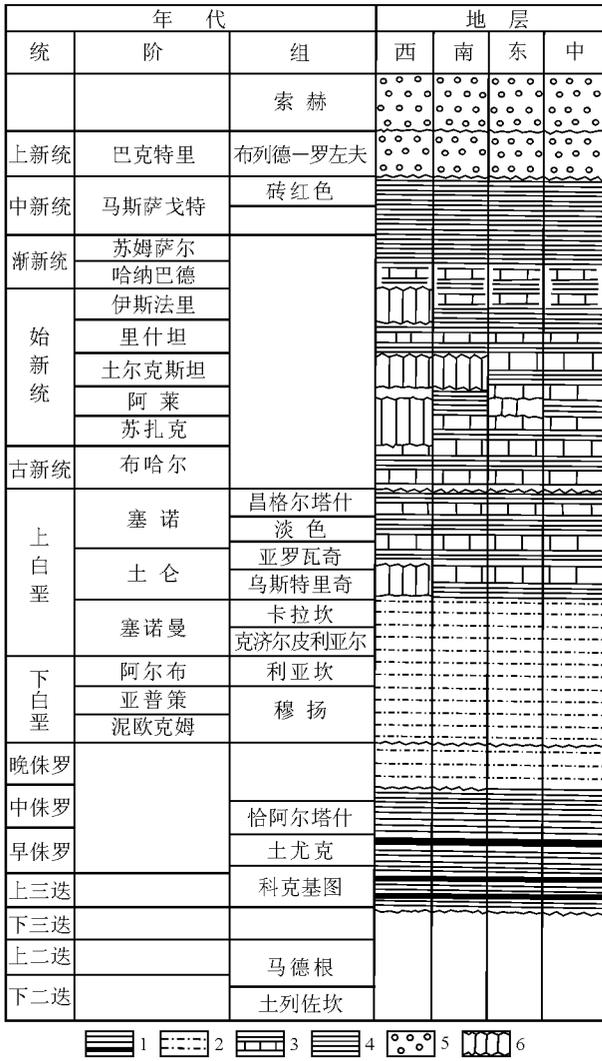


图 4 费尔干纳盆地地层柱状图

1 含煤砂泥岩; 2 陆相浅层砂泥岩; 3 海相(浅色)碳酸盐岩; 4 磨拉石(细粒); 5. 磨拉石(粗粒); 6. 沉积间断

Fig 4 Stratigraphic column through Ferganskaya Dolina
1= coal bearing silty mudstone 2= continental silty mudstone 3= marine limestone (pale colored); 4= fine grained molasse 5= coarse grained molasse 6= sedimentary discontinuity

5 勘探新领域

费尔干纳盆地现有的地震资料质量差, 主要为上世纪 90 年代以前所做的二维地震资料, 频率低、覆盖次数少; 同时由于费尔干纳盆地地形较为复杂, 多为丘陵、山区, 且地表以下有厚砾石层存在, 对地震资料采集与解释造成不利影响, 因而影响了一些新领域的钻探成功率。经研究认为, 盆地主要勘探新领域有: 非构造油气藏(隐蔽油气藏)、老油田内部滚动及钻探古中生界深层。

5.1 非构造圈闭

费尔干纳盆地经过较长时间的勘探, 钻探目标均是围绕大的构造背景上的背斜圈闭进行, 虽然地震资料精度低, 但大的背斜构造不会遗漏。所以继续在新近系(主要目的层)寻找新的、大的背斜构造油藏难度较大。据统计一般含油气盆地约有 50% 的油气储量蕴藏在隐蔽油气圈闭中^[5], 由于其隐蔽性比较强, 勘探的难度比较大, 需要对油气分布规律有比较深入的认识, 并具有相应的勘探技术, 才能对隐蔽油气圈闭进行有效勘探。胜利油田在利用三维地震技术勘探开发 30 多年后, 近几年对济阳拗陷隐蔽油藏进行地质评价研究, 在勘探程度很高的地区仍然探明储量过亿吨的隐蔽油藏, 表明高勘探程度盆地, 其隐蔽油气藏还有很大勘探潜力。因此, 在费尔干纳盆地寻找隐蔽油气藏前景广阔, 盆地的勘探应该由寻找背斜构造油藏转向寻找隐蔽油气藏。

根据盆地的沉积特征, 从上古生界至古近系, 厚度由盆地边缘向中心区域性增大^[6], 并且组成的地层由盆地中心向其边缘逐渐变新, 因此可以在边缘斜坡地区(特别是盆地南部)的穆扬组合中发现新的地层圈闭油藏。例如盆地白垩系和古近系组合的厚度由西南向东北从 500m 增加到 2000m; 上三叠统和侏罗系厚度在南部山前为几百米, 而接近中央地堑达到 1000~1500m, 最大厚度位于汉克兹褶皱的东北部^[6]。这种地层厚度的变化是由地层的剥蚀切割造成的, 因此, 在盆地南部边缘容易形成地层遮挡油藏和岩性油藏。

岩性、地层圈闭油藏的勘探成功率通常取决于地震勘探的分辨率, 因此, 必须提高地震资料的精度, 特别是地震资料的主频要提高到 40Hz 以上。地层组合厚度变化梯度最大的地区就是岩性油藏发育的地区。在厚度变化梯度最大的地区, 地层的厚度增加往往与下超有关。例如从卡普恰盖到阿乌瓦里构造的单斜倾覆地层地区、安集延和哈尔土姆等背斜西北翼的安集延单斜(图 5), 具有勘探地层、岩性圈闭油藏的前景^[6]。

在岩性、地层油藏发育区开展地震勘探, 要求覆盖次数不少于 48 次, 主频 50Hz; 然后研究地层沉积厚度的变化规律, 进而寻找有前景的地层和岩性圈闭油藏富集区。

5.2 老油田内部潜力分析(以古新近系为主)

费尔干纳盆地虽然已开发多年, 但由于地震资料较差, 油田主要通过钻井来落实构造, 判断油水分布; 钻井较多的层位油藏基本清楚, 钻井少的层位构

表 1 费尔干纳盆地资源量(×10⁴吨)预测表
Table 1 Reserve estimation of oil and gas in Ferganskaya Dolina

地层	探明储量			控制+预测储量		远景储量		远景储量		原始资源量	
	A+B+C ₁			C ₂		C ₃		D ₁ +D ₂		×10 ⁴ 吨	
	地质储量	采收率	可采储量	地质储量	可采储量	地质储量	可采储量	地质储量	可采储量	地质储量	可采储量
新近系	6264	33.9	2121	7552	1947	2804	825	120000	31820	136620	40855
古近系	9426	39.9	3759	3716	1060	21525	6106	140950	29240	175617	45833
白垩系	452	41.5	188	—	—	745	280	3000	800	4197	1532
侏罗系	151	37.0	56	—	—	—	—	1000	250	1151	401
古生界	60	30.3	18	—	—	—	—	—	—	60	60
合计	16353	37.6	6141	11268	3007	25074	7211	264950	62110	317645	88681

注:单位万吨。

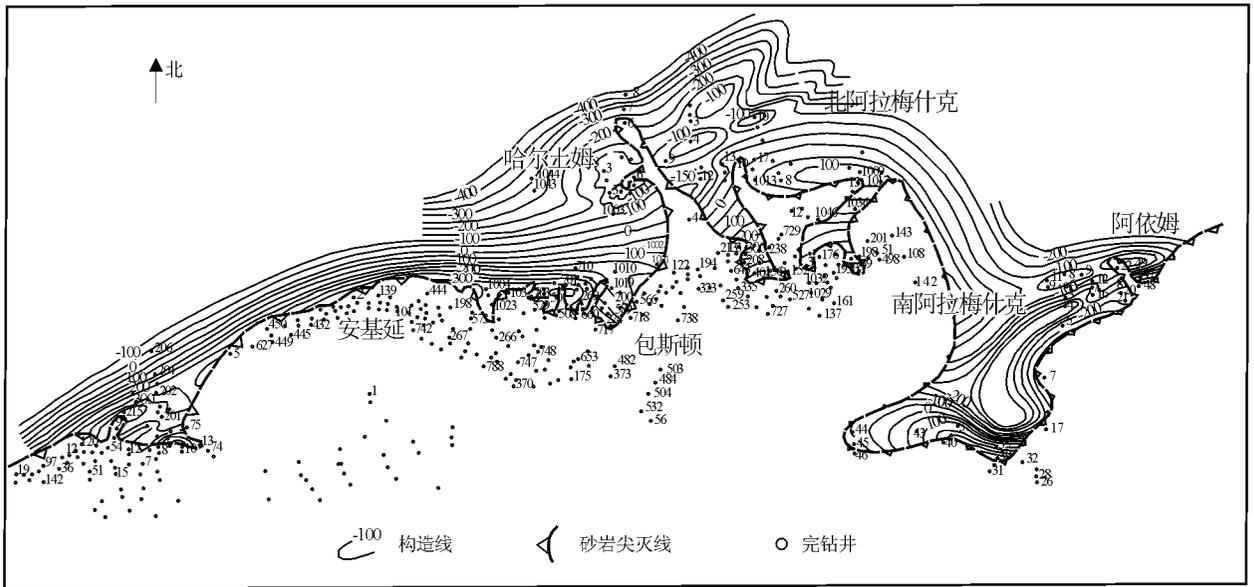


图 5 费尔干纳盆地东南部新近系岩性构造示意图

Fig 5 Sketch map showing Lithologic and structural characteristics of Neogene in southeastern Ferganskaya Dolina Basin

造和油藏都不清楚。通过对安基延油区 1000 余口老井的对比研究认为,老油田内部新增地质储量的潜力仍然较大。

1. 安基延油田

安基延油田滚动勘探的潜力,主要集中在近东西向主力逆断层下盘。安基延油田是费尔干纳盆地较大的油田,为北东向不对称背斜褶皱,构造西北翼缓、东北翼陡,含油层系主要为古近系和新近系。安基延地区断层多,将古近系分割成诸多断块,其中以近东西向的逆断层为主力断层,将背斜构造分成南北两部分,逆冲断层使北部的上盘冲压在下盘的上部。目前安基延油田已探明开发的油藏绝大多数集中在该逆断层的上盘(图 6),油藏埋藏浅(1000m 以内)、构造平缓、含油面积大,至于逆断层下盘,仅 III

号层进行了开发动用,其它构造区均未投入开发。虽然安基延油田已钻了 400 多口勘探开发井,但钻过逆断层到下盘的井并不多,只有 44 口井,其中有 24 口井分布在安基延背斜构造上,其所钻遇的逆断层下盘的 KKC III、V、VI、VII 和 VIII 号等储层,经测井解释均为油层,同时已有部分层试油获得工业油流,这说明逆断层下盘还具有较大资源潜力。

因此,在安基延油田主力逆断层的下降盘,虽然钻下去的井不多,但已经发现与上升盘对应的 6 个层系均含油,若能把地震资料精度提高,把构造落实清楚,同时继续对已经钻遇油层的井进行试油试采,则有希望在逆断层的下降盘发现一个新的安基延油田。

巴德古生界油流与凸起的翼部有关。

近期在哈扎巴德和南阿拉梅什克部署钻探的两口井发现了风化壳储层和礁灰岩储层,使盆地东南部断阶带泥盆系、石炭系的灰岩和生物礁成为重要的含油气性钻探目的层。

据上分析,建议在安基延、帕尔万塔什、阿拉梅什克 3 个油田部署三维采集。帕尔万塔什已发现古新近系、侏罗系和上古生界的油藏。预测这些区块间还可能发现古生界圈闭,及新生界、中生界、古生界的新油藏。安基延构造复杂,油气藏主要为新近系、白垩系,以往地震勘探主要研究逆断层上盘构造,其下盘勘探潜力不可忽视。南阿拉梅什克纵向含油多,通过三维地震古中生界可能会有新发现。

总之,费尔干纳盆地古中生界资源量较大,据乌兹别克斯坦文献资料,在盆地东南部预测石油远景储量 2451.6 万吨,天然气远景储量 36.62 亿立方米(表 2.3)。相信古中生界在实施三维地震后,可以在古中生界发现新的储量资源。

5 结论

费尔干纳盆地虽然勘探开发 100 多年,但仍存在巨大潜力。在 20 世纪 80 年代以来,中亚地区经济技术落后,开发程度差,没有推广应用三维地震采集处理等勘探新技术,使之一些资源潜力没有开发。通过深入研究费尔干纳盆地的地质地震资料,分析认为主要勘探潜力有以下 3 个方向:

(1)非背斜圈闭油藏的钻探前景广阔。在盆地南部地层沉积厚度变化梯度最大的地区,通过采取新的地震勘探技术,结合已有井的约束反演,就可以

表 2 费尔干纳盆地东南部古中生界石油远景储量预测表 (10^4 吨)

Table 2 Estimation of oil resources of Paleozoic in southeastern Ferganskaya Dolina

层位	安基延	西巴斯顿	巴尔万塔什	南阿拉梅什克	合计
二叠系	—	98	—	—	98
白垩系	—	54	—	—	54
侏罗系	188.3	41	92.1	—	321.4
古生界	1243.7	164	207.4	363.5	1978.6
小计	1432	356.6	299.5	363.5	2451.6

表 3 费尔干纳盆地东南部古、中生界天然气远景储量预测 (10^8 立方)

Table 3 Estimation of natural gas resources of Paleozoic in southeastern Ferganskaya Dolina

层位	安基延	西巴斯顿	巴尔万塔什	南阿拉梅什克	合计
白垩系	1.621	—	—	—	1.621
侏罗系	0.891	—	0.671	—	1.562
古生界	—	—	—	0.479	0.479
小计	2.512	—	0.671	0.479	3.662

钻探发现新的岩性和地层圈闭油藏;

(2)老油田内部滚动勘探潜力大。潜力包括主力逆断层的下盘(已投入开发油田的下部),在安基延油田的下部还可能找到一个安基延油田。因为钻过逆断层的井少,地震资料差,无法落实构造高点,无法实施有效钻探;

(3)盆地东南断阶带古、中生界钻探潜力大。中、古生界在盆地广泛分布,不仅可以新生古储,而且古、中生界本身也可以生油,在盆地局部隆起上和边部都存在古、中生界油藏的条件。虽然盆地内已经发现了一些油藏,但储量和规模都还很小,主要问题是埋藏深、地震资料精度不够,使构造不落实,钻探程度低。如果能有好的地震资料落实构造高点,新发现中、古生界的油藏的希望很大。

本文在编写过程中得到了丘东洲教授的指导和帮助,在此表示衷心感谢!

参考文献:

- [1] 安作相,胡征钦编译.中亚含油气地区[M].北京:石油工业出版社,1993:228-239.
- [2] 孙永祥编译.有关天山山系山间盆地的含油气性[J].石油地质信息,1994,15(1):13-14.
- [3] 朱毅秀,刘洛夫.中亚地区费尔干纳盆地构造及其演化特征.内蒙古石油化工[J].2005,(2):92-94.
- [4] 潘元林,张善文,肖焕钦,等.济阳断陷盆地隐蔽油气藏勘探[M].北京:石油工业出版社,2003.
- [5] 雷振宇,杜社宽,张朝军.中亚地区与中国西部盆地类比及其油气勘探潜力[J].地球学报,2004,25(1):67-72.
- [6] 姜德风,刘国华编译.费尔干纳盆地南部下部构造岩性层的含油气前景的实现方法[J].国外油田工程,2005,21(7):1-25.

Oil and gas potential and new exploration targets in Ferganskaya Dolina

LIU Chuan-peng², LI Cheng-yang, ZHAO Yu-hua, ZHANG Jiao-dong

(1. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China; 2. Dongsheng Petroleum Exploration and Development Co., Ltd., Shengli Oil Field Branch, SINOPEC, Dongying 257000, Shandong, China; 3. College of Geo-resources and Information, China University of Petroleum, Dongying 257000, Shandong, China)

Abstract: Ferganskaya Dolina is an old oil province in Middle Asia and now still highly prospective in spite of long-term exploration and development. New exploration targets include nonstructural (concealed) oil and gas pools, rolling exploration of the interior of the old oil fields and drilling of the deeper levels of the Mesozoic and Palaeozoic strata. The previous drilling targets were once concentrated to the anticline traps, and little has been done for the research and drilling in the non-anticline traps in this basin. The detailed study of the data on the drilling and producing test of the interior of the old oil fields shows that the lower walls of major thrust faults and flanks of anticlines in the old oil fields are expected to have more potential in oil and gas resources. The Palaeozoic and Mesozoic strata in the basin occur not only as reservoir rocks but also as source rocks, and thus are favourable for the oil and gas accumulation both in local uplifted and marginal areas of the basin.

Key words: Ferganskaya Dolina, resource potential, new exploration target, non-anticline oil pool, rolling exploration